1re ANNÉE N° 15 15 AOUT 1890

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LES PROGRÈS DE LA PALÉONTOLOGIE

Les visiteurs de notre Exposition universelle de 1889 ont constaté le développement que les sciences d'application ont pris à la fin de ce siècle. Mais ils n'ont pu se rendre compte du développement non moins extraordinaire qu'a pris la science pure. A côté du mouvement tumultueux des affaires et des plaisirs, bien des travailleurs passent leur paisible existence à observer, à méditer, et notamment beaucoup d'entre eux, peu soucieux de leurs intérêts matériels, s'occupent du monde passé plus que du monde présent. Une curieuse preuve en est fournie par un livre qui vient de paraître sous le nom d'*Annuaire géologique universel pour* 1888.

Il y a quelques années, le Dr Dagincourt a fondé un recueil destiné à donner chaque année un résumé des travaux de géologie et de paléontologie. Ce recueil a bientôt atteint de vastes proportions. Le volume destiné à faire connaître les publications de 1888 comprend une liste de livres, brochures ou notes qui, pour cette année seulement, arrivent au chiffre incroyable de 3550; il occupe 1261 pages. La partie géologique a été dirigée par M. le Dr Carez, auteur de la nouvelle carte géologique de la France; la partie paléontologique a été dirigée par M. Douvillé, Ingénieur en chef des Mines, professeur de Paléontologie à l'Ecole des Mines. Ces savants ont choisi pour collaborateurs des spécialistes très habiles: à Paris, MM. Bergeron de la Sorbonne, Brongniart du Museum, Cossmann, Dollfus, Gauthier, Haug de la Sorbonne, de Margerie, le Dr Trouessart, Zeiller, professeur à l'Ecole des Mines; à Caen, M. Bigot, chargé de cours à la Faculté; à Laval, M. Œhlert; à Bourges, M. Péron; à Lyon, le professeur Depéret à Grenoble, M. Kilian, chargé de cours à la Faculté; à Bordeaux, le professeur Fallot; à Marseille, M. Le Verrier, Ingénieur en chef des Mines; en Belgique, MM. Rutot et Van den Broeck; en Suède, M. Svedmark; en Hongrie, M. Pethö; en Russie, le professeur Pavlow; en Portugal, M. Choffat; en Italie, MM. Aichino et Johnston-Lavis.

Comme on le voit, l'*Annuaire géologique* est devenu une œuvre collective, internationale. Les savants qui s'y dévouent n'ont d'autre mobile que la généreuse pensée d'être utiles à leurs compagnons d'étude en leur donnant le moyen de se tenir au courant des innombrables publications qui se font chaque année. Mais en même temps ils apportent une démonstration singulièrement frappante du développement des sciences géologiques et paléontologiques. Le progrès de ces sciences paraît prodigieux, lorsqu'on réfléchit qu'elles n'existaient pas dans le siècle dernier; la lumière projetée sur l'histoire des âges passés et sur la formation du monde organisé n'est pas un des résultats les moins étonnants des efforts de l'esprit humain dans le XIXe siècle.

La Société géologique de France, chargée de propager dans notre pays l'étude de la géologie et de la paléontologie, a eu une grande part dans le progrès de ces sciences. Depuis sa fondation en 1830, elle a fait de volumineuses publications; ses Bulletins et ses Mémoires ont une importance considérable. Cependant ils sont devenus insuffisants; de nombreux travaux paléontologiques ont dû paraître soit dans d'autres recueils, soit dans

des ouvrages particuliers. On a pensé qu'il était nécessaire d'ajouter aux publications de la Société géologique des Mémoires uniquement consacrés à la paléontologie, pour lesquels il y aurait des souscripteurs spéciaux. Ces Mémoires rempliront le même but que ceux de la *Palæontographical Society* de Londres, de la *Palæontographica* allemande, de la *Société paléontologique suisse*, les *Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns*.

Le premier fascicule des nouveaux Mémoires paléontologiques de la Société géologique de France vient de paraître [1]. Il commence par un travail fait par l'auteur de cet article; il a pour objet la comparaison du Dryopithèque avec l'homme et les singes les plus élevés; une planche dessinée par Formant montre à côté les unes des autres les mâchoires de la Vénus Hottentote, du Chimpanzé, du Gorille et du Dryopithèque. Un second mémoire dû à M. Seunes, de la Sorbonne, présente une étude des dernières Ammonites qui ont paru dans le monde; on y voit les figures de trois espèces d'Ammonites du danien de Fresville, dans la Manche. Le troisième travail du nouveau fascicule est le commencement d'un mémoire de M. Depéret sur les animaux pliocènes du Roussillon. Le Dr Donnezan a formé au Serrat d'en Vacquer, près de Perpignan, des collections de vertébrés si importantes qu'elles rivalisent avec celles des plus riches gisements de la France, tels que Sansan, Perrier, le mont Léberon. Caylux. On pourra en voir de beaux spécimens dans le Museum de Paris, car la générosité du Dr Donnezan égale le talent avec lequel il sait découvrir les fossiles. Son compatriote le professeur Depéret s'est chargé de décrire les curieux animaux tirés du pliocène de Perpignan. Il a débuté par l'étude du *Dolichocephalus* dont M. Donnezan a trouvé une tête presque entière et de nombreux ossements; c'est la première fois, depuis les fouilles faites à Pikermi, que l'on a découvert une tête de singe fossile.

D'autres fascicules suivront prochainement; ils comprendront des travaux du marquis de Saporta sur des plantes fossiles de la Provence, de M. Nicklès sur des Ammonites crétacées d'Espagne, de M. Depéret sur les Mammifères du Rousillon, de M. Douvillé sur les Rudistes, etc.

Nous ne pouvons pas laisser perdre les trésors scientifiques enfouis dans le sol de la France; aucun pays de l'Europe n'a fourni d'aussi nombreux Mammifères fossiles. La Paléontologie a été fondée dans notre Jardin des Plantes; c'est pour nous un devoir d'honneur de développer cette étude qui a découvert à l'esprit humain des horizons si vastes et si inattendus. Espérons que les nouveaux Mémoires de paléontologie recevront bon accueil et contribueront à répandre la grande science qui traite des origines du monde organisé.

Albert Gaudry

Membre de l'Académie des Sciences.

ESSAI D'UNE THÉORIE DE L'INFECTION

MALADIE, GUÉRISON, IMMUNITÉ, VIRUS, VACCIN

Il est possible, je crois, de formuler aujourd'hui une théorie systématique de la maladie infectieuse, avec ses accidents locaux ou généraux, de la guérison, de l'immunité acquise et de l'immunité naturelle. En face de ces conceptions qui visent l'homme ou l'animal, on peut donner aussi la théorie de la virulence et de l'atténuation : ce qui a trait au microbe.

Avant d'aborder cette synthèse, il est nécessaire d'analyser les procédés par lesquels les microbes peuvent influencer un organisme animal, et les moyens par lesquels l'organisme animal peut agir sur les microbes.

I. — PROCÉDÉS PAR LESQUELS L'ORGANISME ANIMAL INFLUENCE LES MICROBES

Il est des espèces animales dont le corps, à l'état vivant, ne peut pas permettre le développement de certains microbes. D'autres espèces sont particulièrement favorables à la vie de certaines bactéries. Entre ces termes extrêmes, on observe des degrés innombrables dans l'immunité et dans la réceptivité.

L'impossibilité où se trouve tel microbe d'attaquer tel organisme animal ne tient pas nécessairement à la vie de ce dernier, car dans les tissus et dans les humeurs d'animaux rendus réfractaires on peut constater que le développement de certains mi-

[1] *Mémoires de la Société géologique de France. Paléontologie*, tome I, fascicule 1. Grand in-4°, chez Baudry, 15, rue des Saints-Pères, 1890. — Pour les renseignements relatifs à la rédaction, on pourra s'adresser à M. Bergeron, secrétaire de la Société géologique, au siège de la Société, 7, rue des Grands-Augustins.

crobes est devenu difficile, parfois impossible, même quand ces tissus sont pris sur l'animal mort, même quand ces humeurs extraites de l'organisme sont filtrées et débarrassées de toute cellule.

Mais il est des circonstances où la vie de l'animal exerce une influence manifeste sur la difficulté qu'éprouve le microbe à l'envahir. Je n'en veux pas d'autre preuve que ce simple fait : un animal vivant est réfractaire à une bactérie, qu'elle soit ou non pathogène pour tout autre animal; il meurt et ses tissus ou ses humeurs se trouvent être un excellent milieu de culture pour cette bactérie. Donc l'immunité est quelquefois liée à la vie, d'autres fois elle en est indépendante. C'est dire que l'homme comme les autres animaux n'a pas une arme défensive unique contre les agents infectieux, qu'il assure contre eux son intégrité ou qu'il la rétablit par des procédés multiples.

Je n'ai pas l'intention de faire ici l'exposé et la critique de tous les procédés par lesquels on a imaginé que les animaux échappent aux entreprises des microbes. J'en veux retenir deux cependant, parce qu'aujourd'hui tout l'effort de la discussion porte sur deux moyens de défense que, dans des vues exclusives, on s'efforce d'opposer l'un à l'autre, tandis que, j'espère le démontrer, ils se trouvent toujours associés et se prêtent d'ordinaire un mutuel appui. Dans l'une de ces conceptions, l'immunité résulte d'une condition statique, c'est-à-dire chimique, de l'organisme; dans l'autre elle est assurée par une condition dynamique, par la participation de la vie, par la mise en jeu d'activités cellulaires. J'ai nommé *l'état bactéricide* et le *phagocytisme* [1]. Chacun de ces deux procédés est réellement un moyen de défense de l'organisme et se montre utile, soit pour empêcher le développement de la maladie, soit pour activer sa terminaison favorable. Aucun des deux pris isolément n'est capable de garantir ou de rétablir l'intégrité de l'économie. C'est, en général, par le concours et l'association des deux procédés que l'immunité est assurée ou que la guérison s'effectue.

Des deux procédés de défense, l'un est général, je pourrais dire universel, c'est le phagocytisme; l'autre est accessoire et contingent, c'est l'état bactéricide. Mais nous verrons bientôt que, dans l'immunité acquise, c'est grâce à l'état bactéricide seulement que le phagocytisme peut s'effectuer et que, sans l'état bactéricide, il n'y aurait ni guérison, ni vaccination, la tendance au phagocytisme, l'effort curateur se trouvant entravé ou empêché jusqu'au moment où s'opère la transformation chimique des humeurs de l'individu malade. A ce moment, le milieu étant changé, la bactérie pathogène va se modifier à son tour et perdre l'une de ses propriétés par laquelle elle avait su se soustraire jusque là à l'action destructive des cellules animales. L'importance de l'état bactéricide, cette condition de défense que je dis accessoire et contingente, grandit donc en face du phagocytisme que je disais être le moyen de protection général, universel. Il se trouve que le phagocytisme, qui est une fonction constante dans l'état de santé, ne l'est plus dans l'état de maladie et qu'il ne s'exerce que contre les microbes non pathogènes ou contre les microbes pathogènes atténués. Sans doute. Mais qu'est-ce qui fait qu'un microbe n'est pas pathogène? C'est souvent, comme je vais bientôt l'établir, qu'il est dépourvu d'une certaine sécrétion dont le produit empêche les vaisseaux de laisser sortir les leucocytes. Et qu'est-ce qui fait qu'un autre microbe est pathogène? C'est souvent qu'il possède cette sécrétion dont le produit s'oppose à la diapédèse et par conséquent au phagocytisme.

Phagocytisme. — Dans toute la série des êtres du règne animal, une détérioration locale provoque dans la partie lésée ou menacée une accumulation des cellules mésodermiques qui affluent vers le foyer du mal et le circonscrivent, qui englobent et dissolvent quelquefois les particules nuisibles. Ce rôle, chez les Vertébrés, est accompli par des cellules capables de migration, par les globules blancs du sang ou par les leucocytes de la lymphe; il est complété par les cellules fixes de certains tissus. L'acte primordial, c'est donc la sortie des cellules blanches du sang ou de la lymphe en dehors des espaces où elles sont normalement contenues.

Le passage des globules blancs du sang des vaisseaux dans les interstices du tissu environnant, quand il se fait avec quelque abondance, est toujours un acte pathologique provoqué par une irritation locale de la partie dans laquelle s'opère la diapédèse. Les particules solides ne provoquent pas seules la diapédèse, qui est également sollicitée par certaines substances liquides ou dissoutes, essences, diastases, alcaloïdes, etc. C'est par l'intermédiaire de telles substances que bon nombre de microbes (pathogènes ou non) déterminent la sortie des globules blancs en dehors des vaisseaux.

A côté de cette diapédèse pathologique des globules blancs du sang à noyaux multiples, provoquée par l'irritation locale que déterminent certains microbes, il s'effectue normalement et constamment une migration de cellules lymphatiques à noyau unique vers la surface du tégument interne. Cela s'observe spécialement dans des points où, malgré l'intégrité du revêtement épithélial, des particules ténues et en particulier des microbes

[1] Sur le *Phagocytisme*, voir l'article de M. Metchnikoff dans la *Revue* du 30 juillet 1890, pages 425-431. (*Note de la Rédaction.*)

peuvent, sans effraction, passer de la surface muqueuse dans la profondeur du tissu sous-jacent; cela a lieu dans les alvéoles pulmonaires, sur les amygdales, sur les plaques de Peyer. Les microbes entrent, cela est indubitable, mais normalement ils ne vont pas au delà du fond du tissu lymphatique sous-muqueux; et dès qu'on constate leur présence, même dans les interstices des cellules épithéliales, ils sont déjà inclus dans des cellules lymphatiques. Avec ces cellules, quand parfois elles rebroussent chemin, ils peuvent gagner la profondeur du tissu lymphoïde. En général, dans ce trajet, les microbes subissent une dégénérescence qui s'accuse davantage à mesure qu'ils s'éloignent de la surface épithéliale et qui peut aller jusqu'à la mort et même à la dissolution. Certains microbes pathogènes sont capables de franchir les surfaces pulmonaire ou intestinale saines et échappent à cette destruction; mais par le mécanisme que je viens d'indiquer, l'entrée du sang, dans les conditions normales, est interdite aux microbes si nombreux des cavités respiratoire et digestive, aux microbes non pathogènes d'abord, mais aussi aux pyogènes et au streptocoque capsulé de la pneumonie, qui sont nos hôtes ordinaires, habituellement inoffensifs.

Hippocrate savait, et c'est une notion qu'il avait reçue en héritage de ce qu'il appelait déjà l'*ancienne médecine*, que le froid est cause des maladies aiguës, fébriles, nous dirions aujourd'hui des phlegmasies infectieuses, amygdalites, pneumonies, pleurésies, arthrites, etc. Le froid, dans ces cas, n'a pas apporté un microbe du dehors et n'a pas produit la solution de continuité par où aurait pu pénétrer l'une de nos bactéries familières; mais il a pu troubler la série des actes par lesquels les cellules lymphatiques arrêtent et détruisent les microbes pathogènes, nos commensaux, quand ils tentent de forcer les barrières et de passer de nos surfaces tégumentaires dans nos tissus ou nos humeurs. Je pense avoir établi expérimentalement la réalité de cette interprétation. Comme beaucoup d'autres, j'ai vérifié l'exactitude de cette affirmation de Pasteur que le sang normal ne renferme pas de bactéries; mais j'ai réussi à provoquer, sans vulnération, l'apparition rapide de microbes dans le sang d'animaux sains en soumettant ces animaux à l'application des causes qui provoquent chez l'homme le développement des maladies infectieuses dites spontanées, de celles qui sont causées par ces microbes pathogènes qui habitent nos cavités, et qui restent inoffensifs jusqu'au jour où quelque cause banale rend possible leur pénétration et leur pullulation. J'ai voulu d'abord agir avec le froid intense. Des cobayes sont plongés dans l'eau froide. En moins d'une demi-heure leur température rectale peut descendre à 31°, et, le plus souvent, l'animal meurt, incapable de surmonter ce collapsus. Le sang des animaux soumis à cette brusque et intense réfrigération, semé sur milieux nutritifs, est resté stérile. Je fis alors cette réflexion que la douche ou le bain froid ne sont pas chez l'homme cause de pneumonie, tandis qu'on voit cette maladie apparaître à la suite d'un refroidissement modéré, mais graduel et prolongé.

Je provoquai alors la réfrigération chez un grand nombre d'animaux par l'immobilisation, par le séjour dans la glacière, par la faradisation cutanée, par le vernissage. Au bout de deux heures, chez un animal sur quatre, parfois chez un sur trois, une goutte de sang mise en culture donne des colonies bactériennes.

L'inanition qui n'a pas été prolongée au-delà de vingt-quatre heures n'a donné que des résultats négatifs.

Dans une expérience de Charrin et Roger, où ils avaient pensé d'abord étudier l'action du surmenage, un cobaye maintenu pendant quatre heures dans une roue comparable à celles des cages d'écureuil et animée d'un mouvement continu de rotation, avait un sang tellement envahi qu'une seule goutte donna huit colonies bactériennes. Il ne s'agissait pas là de surmenage : l'animal avait été passif; il n'avait pas couru, mais avait été roulé pendant quatre heures. L'action de la frayeur et des chocs avait provoqué un véritable état d'arrêt des actes nutritifs qui se traduisait par l'abaissement de la température. Au moment de la prise du sang, le thermomètre ne montait dans le rectum que jusqu'à 34°.

Les influences nerveuses inhibitoires entravent donc le phagocytisme normal qu'accomplissent, dans l'épaisseur du tégument interne, les cellules lymphatiques aux prises avec les microbes pathogènes qui vivent sur nos surfaces sans nous nuire. La suspension passagère de ce phagocytisme normal a pour effet de permettre à ces microbes de passer du poumon, du pharynx ou de l'intestin dans le sang. Nous verrons que des causes nerveuses du même ordre entravent aussi le phagocytisme pathologique, celui qu'accomplissent dans l'intimité des tissus les globules blancs du sang; et que, du même coup, la maladie infectieuse s'aggrave ou se généralise.

Qu'on le considère dans les conditions normales ou dans les conditions pathologiques, le phagocytisme est l'une des manifestations de la *nature médicatrice*, l'un des modes de l'effort naturel préservateur et curateur. L'envahissement de l'organisme par certains microbes empêche, ou amoindrit, ou retarde cet effort. Cette entrave est l'une

des causes qui rendent la maladie infectieuse *possible* ou *grave* ou *durable*.

Etat bactéricide. — L'état bactéricide est le second moyen par lequel l'organisme animal résiste à l'invasion des bactéries ou triomphe de celles qui ont réussi à le pénétrer. J'entends par état bactéricide, non pas seulement ce qui tue ou dissout les microbes, mais ce qui ralentit leur croissance ou leur multiplication, entrave leur nutrition, amoindrit leurs fonctions.

De même que je ne suis pas entré dans le détail de la découverte de Conheim ni de celle de Metchnikoff, de même je ne rappellerai pas les faits de Grohmann, de Fodor, de Flügge, de Nuttal, de Nissen, de Petruchky, de Buchner sur lesquels a été fondée la notion de l'état bactéricide des humeurs normales d'un certain nombre d'animaux sains. Quand on sait quelles minimes différences dans la composition chimique des milieux inertes rendent plus ou moins active la végétation des microbes; quand on peut par l'addition ou la soustraction de faibles doses d'une substance chimique arrêter toute manifestation de la vie bactérienne ou la laisser subsister en imposant au végétal des modifications considérables dans la rapidité de sa pullulation, dans sa forme, dans ses fonctions et en particulier dans celle de ses fonctions chimiques qui constitue sa virulence; quand on fait ainsi subir à la bactérie des dégénérescences ou des atténuations qui peuvent se continuer héréditairement pendant un temps plus ou moins long, même quand on la replace dans son milieu accoutumé; quand, par d'autres modifications du milieu inerte, on peut au contraire augmenter l'intensité de la vie du microbe, restituer et même exalter sa virulence, — on comprend que les variations dans la composition des humeurs des animaux vivants puissent produire les mêmes résultats. Et, en effet, pour des raisons purement chimiques et nullement dynamiques, suivant les humeurs et suivant les espèces ou les races animales qui fournissent ces humeurs, les bactéries qu'on y sème peuvent être tuées et même dissoutes, ou simplement empêchées dans leur développement; ou bien elles peuvent atteindre un très haut degré d'intensité dans leur vie et leur fonctionnement; enfin, entre ces deux extrêmes, elles peuvent présenter tous les degrés de l'atténuation ou de l'exaltation.

Un certain nombre de ces résultats ont été obtenus par la culturede bactéries pathogènes dans des humeurs animales débarrassées de toute cellule.

Mais ces faits si intéressants expliquent-ils pourquoi telle maladie infectieuse se développe facilement dans telle espèce animale et ne peut se réaliser chez telle autre? Nullement. Metchnikoff et Hesse ont dit avec raison que le sang des animaux naturellement réfractaires à un microbe peut être bon milieu de culture pour ce microbe. Lubarsch a fait les mêmes constatations; mais il a reconnu de plus, et après lui Charrin et Roger, que le sang d'animaux non réfractaires à un microbe peut être bactéricide pour ce microbe. Ces faits paradoxaux prouvent que l'immunité naturelle ne dépend pas de l'état bactéricide et que la réceptivité n'est pas liée à l'absence d'état bactéricide. C'est pour l'immunité acquise que l'état bactéricide prend toute son importance.

Metchnikoff sème la bactéridie charbonneuse dans le sang d'animaux vaccinés; la culture se développe bien, mais ne tue pas les animaux non réfractaires auxquels on l'inocule; la culture faite dans le sang d'animaux non réfractaires ou d'animaux naturellement réfractaires se développe également, mais conserve sa virulence. Metchnikoff a pu penser que cette atténuation produite par le sang des vaccinés était due à l'action des leucocytes qui exerceraient, même dans le sang extravasé, leur action défavorable aux microbes. J'interprète autrement cette mémorable expérience: J'y vois la première démonstration de ce fait que la maladie infectieuse, quand elle n'est pas mortelle, produit, en même temps que l'immunité, une modification durable des humeurs qui les rend bactéricides, c'est-à-dire capables de produire, si on l'y sème, l'atténuation d'un microbe de la même espèce que celui qui a produit la maladie. J'y vois encore la preuve que cet état bactéricide qui se développe en même temps que l'immunité acquise diffère, au moins par le degré, de celui que présentent naturellement les humeurs d'animaux sains, qu'ils soient ou non réfractaires. Gamaleïa a fait une constatation analogue. Il avait déjà reconnu que le bacille charbonneux inoculé au mouton *très vacciné* provoque l'œdème sans diapédèse et que cependant il se détruit dans cet œdème. Dans une autre expérience, il sème le *bacillus anthracis* dans l'humeur aqueuse extraite des deux yeux d'un mouton qui avait été vacciné dans la chambre antérieure de l'un des yeux; il n'obtient qu'une végétation grêle, analogue au virus atténué, et cela est vrai pour l'humeur aqueuse de l'œil non inoculé comme pour celle de l'œil inoculé. La virulence dans d'autres expériences analogues lui parut amoindrie. Charrin et Roger ont reconnu que, tandis que le sérum sanguin du lapin est un milieu favorable au bacille pyocyanique, le sérum du lapin vacciné est bactéricide pour ce microbe qui s'y développe assurément, mais tardivement et peu abondamment, avec des formes grêles, sans sécréter de pyocyanine, et qui, transporté ensuite dans un milieu

plus favorable, se montre encore incapable, pendant plusieurs générations, de recouvrer l'intégrité de ses sécrétions.

Charrin a pu établir que l'atténuation subie par l'agent infectieux quand on le sème *in vitro* dans les humeurs de l'animal vacciné se produit également et, sans doute par le même procédé, quand le microbe est introduit dans le corps de l'animal vacciné vivant. Charrin a vu également, avec Gamaleïa, en se servant du bacille pyocyanique, ce que Emmerich et di Mattei avaient déjà reconnu pour le bacille du rouget, que l'atténuation dans le corps des vaccinés se fait avec une extrême rapidité.

Charrin a encore constaté que cette atténuation du microbe virulent se fait spontanément dans le corps de l'animal malade, quand la maladie infectieuse guérit. On sait que si le bacille pyocyanique peut tuer en vingt-quatre heures, le même bacille puisé au même instant dans la même culture, doué par conséquent de la même virulence, provoquera une maladie beaucoup plus longue, capable de se terminer par la guérison, à la condition que la culture soit injectée sous la peau ou que la quantité de culture injectée dans les veines ait été très faible; on sait aussi que cette maladie confère l'immunité à l'animal guéri; on sait encore que cette immunité s'accompagne de l'état bactéricide des humeurs; enfin j'ai démontré que cet état bactéricide existe déjà pendant la maladie. Chez un lapin inoculé avec de petites doses de bacille pyocyanique virulent et qui présente la forme chronique et curable de la maladie, Charrin prélève chaque jour une goutte de sang qu'il dépose sur la gélose nutritive. Pendant les premiers jours, la culture est riche en pyocyanine, puis dans les cultures suivantes, le bacille qui se développe encore ne produit plus la pyocyanine, il sécrète seulement le pigment verdâtre qui ne se laisse pas dissoudre dans le chloroforme; on arrive enfin à des atténuations de la fonction chromogène et en même temps de la fonction virulente tellement profondes, qu'il faut de nombreuses cultures faites successivement sur milieux très riches pour rendre au microbe ses fonctions perdues.

Tout est microbicide dans le corps des vaccinés, les solides comme les humeurs constituantes. Roger détache les deux membres postérieurs chez deux cobayes, l'un vacciné par le bacille du charbon symptomatique, l'autre sain. Dans un des membres provenant de chaque animal il injecte la culture virulente et place les quatre membres à l'étuve. Le lendemain, la cuisse inoculée provenant du cobaye sain est emphysémateuse et crépite sous le doigt. Il n'y a pas de gaz dans la cuisse inoculée provenant du cobaye vacciné; il n'y en a pas dans les membres non inoculés provenant l'un du cobaye sain, l'autre du cobaye vacciné. Comme on pourrait dire que les tissus sont rendus bactéricides par le sang qu'ils contiennent, Roger répète, avec les mêmes résultats, son expérience en ayant soin de faire passer, immédiatement après la mort, un courant d'eau salée par l'aorte des deux animaux, les veines étant largement ouvertes.

On a déjà donné pour cinq microbes la preuve que la vaccination produit l'état bactéricide : cela semble résulter pour le bacille du charbon des expériences de Gamaleïa et de Nuttal. Cela a été établi pour le bacille pyocyanique par Charrin et Roger, pour le bacille du charbon symptomatique par Charrin et Roger, pour le vibrion cholérique par Zasslein, pour le vibrion de Metchnikoff par Behring et Nissen. Plusieurs de ces expérimentateurs ont reconnu que l'état bactéricide produit par un microbe peut nuire aussi au développement de quelques autres microbes.

J'ai indiqué sommairement les conditions qui permettent à l'homme d'agir sur les microbes. Passons à l'examen des procédés à l'aide desquels les microbes peuvent agir sur l'homme.

II. — PROCÉDÉS PAR LESQUELS LES MICROBES INFLUENCENT L'ORGANISME ANIMAL

De même que j'ai laissé dans l'ombre les hypothèses par lesquelles on a pensé expliquer la réaction de l'organisme animal contre les agents pathogènes, quand ces hypothèses ne reposaient pas sur une base expérimentale digne d'être discutée, de même je négligerai l'examen d'autres théories également hypothétiques qui ont prétendu éclairer l'action qu'exercent certains microbes sur l'économie vivante.

Une notion me paraît acquise : c'est que *les bactéries agissent sur les animaux par les matières qu'elles sécrètent.* L'intensité de cette action chimique est proportionnelle à la masse de la substance chimique qui la produit. Cette assertion semble aller à l'encontre de la distinction admise entre la virulence et l'intoxication ; et l'on ne manquera pas d'objecter qu'une bactérie unique qui pèse tout juste la millionnième partie d'un millième de milligramme, peut causer la maladie et la mort, et que la matière sécrétée par cette seule cellule bactérienne est certainement incapable de produire le moindre effet. Sans doute, mais il faut tenir compte de la multiplication des microbes. Cette multiplication se fait avec une vitesse qui peut ne pas paraître très grande, mais qui suffit pourtant à augmenter leur nombre suivant une progression qui devient bientôt vertigineuse. Buchner et Riedlin estiment que le vibrion cholé-

rique met pour doubler un temps qui varie entre 19 et 40 minutes. A ce compte un seul vibrion pourrait en engendrer un milliard en moins de dix heures. Grâce à cette pullulation, les produits bactériens arrivent à constituer une masse qui n'est plus négligeable. Ces produits, même pour une seule espèce bactérienne, sont nombreux : la chimie commence à les discerner ; la physiologie n'a pas attendu qu'ils fussent isolés pour étudier leurs actions. On connaît aujourd'hui huit propriétés physiologiques des produits bactériens par lesquels les microbes pathogènes peuvent influencer les organismes animaux : Je dis huit propriétés et non huit substances différentes.

Sécrétions bactériennes qui provoquent la diapédèse. — Par les matières qu'ils secrètent, certains microbes pathogènes peuvent produire localement une action défavorable sur les tissus et les adapter ainsi à leurs besoins; leurs diastases peuvent hydrater, dédoubler la substance des cellules et amener leur dissolution ou leur mortification. Mais le plus souvent leur action chimique n'atteint pas à ces degrés extrêmes, et, sans être assez profonde pour supprimer la vie d'une portion de l'organisme, elle est suffisante pour provoquer des phénomènes réactionnels. Cet état irritatif se traduit dans certaines cellules par le gonflement et la karyokinèse[1], dans d'autres par les dégénérescences diverses, graisseuses, colloïdes, vitreuses; du côté des vaisseaux par l'exsudation et la diapédèse. Grawitz et de Bary, puis Scheurlen, puis Christmas, puis Karlinsky ont constaté que la culture stérilisée du *Staphylococcus aureus* est pyogène; mais, comme l'a reconnu Christmas, le pus ainsi produit n'est pas pyogène, et, comme l'a indiqué Karlinsky, il est capable de se résorber. Deux substances différentes donnent à cette culture stérilisée son pouvoir pyogène : une diastase que Christmas rend inactive en la chauffant à 115°, une ptomaïne que Leber a isolée. D'autres diastases ont une action locale phlogogène : celle, par exemple, qu'Arloing a signalée parmi les produits du microbe de la péripneumonie épizootique et qui provoque l'œdème inflammatoire. D'autres ptomaïnes aussi ont une action locale phlogogène : en effet Grawitz, puis Behring, ont démontré que la cadavérine provoque la suppuration sans microbes. L'œdème et la suppuration résultant de l'exsudation et de la diapédèse sont l'expression d'actes réactionnels accomplis par les vaisseaux ; mais la réaction vasculaire est-elle directe, résultant de l'action chimique immédiate des produits bactériens sur les vaisseaux? Je ne le crois pas. Dans le tissu où s'opèrent les phénomènes locaux de l'infection, il n'y a pas que les cellules ou les vaisseaux pour subir l'irritation que provoquent les substances sécrétées par les microbes; il y a aussi les nerfs. L'irritation des filets nerveux provoque un réflexe, qui se traduit, dans la région d'où est partie l'excitation, par une dilatation vasculaire active qui place les vaisseaux dans la situation étudiée par Conheim comme étant le stade préalable de la diapédèse : la colonne des globules rouges au centre, la zone claire du plasma entre les globules rouge et la paroi vasculaire, et dans cette zone claire les leucocytes qui gagnent la surface interne du vaisseau, s'y appliquent, s'y étalent et s'insinuent entre les endothélium.

La diapédèse est le résultat d'une dilatation vasculaire active qui se produit dans la région où est encore circonscrite l'infection; et cette dilatation est l'effet d'un réflexe sollicité par l'irritation des nerfs de cette même région, mis au contact des produits bactériens.

Dans les cas où la maladie infectieuse se généralise d'emblée sans s'accompagner de lésion locale au point d'introduction, c'est-à-dire sans que l'agent infectieux provoque la diapédèse, faut-il supposer que les choses se passent de la sorte parce que les microbes qui causent ces maladies ne sécrètent pas de matières capables de produire l'irritation locale, et qu'ils font l'infection générale parce qu'ils sont incapables de faire la lésion locale? C'est possible; mais j'affirme que ce ne peut être que l'exception. Je n'en veux qu'une seule preuve : les agents pathogènes qui provoquent l'infection générale d'emblée sans lésion locale n'amènent plus l'infection générale, si on les atténue, mais produisent alors une lésion locale. Je ne suppose pas que l'atténuation les dote d'une fonction sécrétoire nouvelle qui les rendrait capables d'exercer une action irritante locale. La règle, c'est que les microbes de cette sorte sécrètent des matières irritantes, mais qu'ils sécrètent aussi une matière qui empêche la diapédèse de s'effectuer.

Sécrétions bactériennes qui empêchent la diapédèse. — J'ai mis deux ans à établir la réalité des subtances qui s'opposent à la diapédèse et indirectement au phagocytisme.

Ayant appris que les matières sécrétées par les microbes, prises en bloc, ont une action vaccinante, j'avais imaginé qu'on obtiendrait plus vite l'immunité et qu'on hâterait la guérison en injectant dès le début de la maladie une dose notable de produits bactériens. Le résultat de l'expérience a trompé mon attente. Ces matières qui quatre jours après l'injection empêchent le microbe de produire la maladie ont une action toute différente quand on les introduit dans le corps de l'animal

[1] On nomme ainsi la division indirecte du noyau cellulaire. (*Note de la Rédaction*).

au moment même de l'inoculation ou très peu de temps avant ou après cette inoculation. Elles rendent la maladie plus rapide et plus grave ; elles la rendent possible alors quelle n'aurait pas dû se développer soit en raison de l'exiguité de la dose de virus inoculé soit en raison de l'état réfractaire de l'animal. Elles triomphent, en effet, de l'immunité, de l'immunité naturelle aussi bien que de l'immunité acquise.

Cette aggravation de la maladie, ce renforcement apparent de la virulence causés par l'injection actuelle des produits d'un microbe, je les ai constatés d'abord avec le bacille pyocyanique ; Courmont les a observés avec un bacille qui produit chez la vache une pseudo-tuberculose. Roger les a vérifiés avec le bacille du charbon symptomatique et le *prodigiosus*, Monti avec le *proteus* et quelques autres saprophytes. Je les ai vus encore avec trois pathogènes, la bactéridie charbonneuse, le *Staphylococcus aureus*, le bacille du choléra des poules. En même temps qu'elle aggrave la maladie ou suspend l'immunité, l'injection des produits d'un microbe empêche de se produire la diapédèse et secondairement le phagocytisme, que provoque naturellement ce microbe. Je l'ai démontré en suivant heure par heure à l'aide de cellules capillaires placées sous la peau, l'activité avec laquelle se faisait la sortie des leucocytes et l'englobement des microbes chez les animaux inoculés dont les uns recevaient la culture stérilisée, les autres n'étaient pas injectés avec ce liquide. En injectant les produits de la bactéridie charbonneuse, du bacille pyocyanique, du *Staphylococcus aureus*, du bacille du choléra des poules, j'ai supprimé la diapédèse et le phagocytisme que provoquent ces microbes quand on les inocule à des animaux vaccinés ou à des animaux naturellement réfractaires. Par l'inoculation des produits solubles de la bactéridie virulente, j'ai empêché le phagocytisme que détermine chez les animaux non réfractaires l'inoculation du charbon atténué. Par l'injection des produits solubles d'un microbe pathogène, j'ai rendu impossible la diapédèse et le phagocytisme que provoque l'inoculation d'autres microbes, que ces derniers ne soient nullement pathogènes ou qu'ils soient des pathogènes atténués, ou qu'ils soient des virulents que j'inoculais à des animaux doués de l'immunité naturelle ou acquise.

Ce que l'examen microscopique démontrait dans tous ces cas éclatait en quelque sorte dans une expérience très saisissante. L'inoculation du bacille pyocyanique au lapin, animal peu réfractaire, donne l'infection générale sans lésion locale. Charrin a vu que chez le cobaye, animal plus réfractaire, la même inoculation ne provoque pas l'infection générale, mais amène au lieu inoculé le développement d'une gomme qui s'ulcère et s'élimine lentement. Chez le lapin vacciné l'inoculation qui ne produit plus l'infection générale m'a permis de reproduire la même lésion locale que chez le cobaye. Si j'inocule au cobaye ou au lapin vacciné le bacille pyocyanique, en même temps que j'injecte à ces animaux les produits solubles de ce bacille, je produis chez tous deux l'infection générale, mais je ne vois plus se développer la lésion locale qui n'est que l'expression grossière de la diapédèse.

Supposerez-vous que cet arrêt de la diapédèse est dû, non à l'action des produits bactériens sur l'animal, mais à un effet empêchant qu'ils exerceraient sur le microbe inoculé, effet empêchant qui réduirait celle de ses sécrétions dont l'action irritante produit la diapédèse? Dans ce cas l'obstacle à la diapédèse devrait être surtout marqué quand l'injection est faite dans le foyer même de l'inoculation ; or, j'ai constaté que cette action n'est guère plus manifeste dans ce cas que lorsqu'on fait l'injection sous-cutanée dans un point du corps très éloigné de la région inoculée; un effet incomparablement plus énergique est obtenu quand l'introduction des produits bactériens est faite par voie intraveineuse. Une autre expérience de mon laboratoire est encore confirmative de ma manière de voir. Il n'y a pas que les bactéries, il n'y a pas que les produits bactériens qui, par irritation locale, fassent naître la transsudation et la diapédèse. Elles sont sollicitées également par divers agents physiques et par d'innombrables substances chimiques. Si le gonflement inflammatoire que provoque infailliblement l'une de ces subtances fait défaut quand on injecte à l'animal les produits d'un microbe pathogène, il faudra bien admettre que les produits bactériens empêchent la diapédèse par une action générale sur l'organisme animal. L'expérience a été conçue et exécutée par Charrin et Gamaleïa. Chez deux lapins, une des oreilles est frottée pendant le même temps, avec la même quantité d'huile de croton ; à l'un des deux on injecte dans les veines 10 centimètres cubes de culture stérilisée du bacille pyocyanique. Au bout de quatre heures, l'oreille du lapin qui n'a pas reçu les produits solubles est rouge, chaude, considérablement épaissie, son épiderme se soulève en phlyctènes. L'oreille frottée du lapin injecté est absolument saine, la vascularisation n'y est pas plus apparente que sur l'oreille du côté opposé. L'action inhibitoire de l'injection s'épuise au bout de six à huit heures et si on ne renouvelle pas les injections, l'inflammation est simplement retardée ; elle fait absolument défaut si, pendant deux jours, on répète la même injection trois ou quatre fois dans les vingt-quatre heures.

Il restait à établir sur quelle portion de l'orga-

nisme agissent ces matières qui s'opposent à la diapédèse : sur les leucocytes, sur les vaisseaux ou sur l'appareil nerveux vaso-moteur? Deux expériences de Charrin et Gley répondent à cette question.

Chez un lapin curarisé on excite le bout central du nerf dépresseur, la pression artérielle tombe brusquement par le fait de la dilatation de tous les vaisseaux; la pression redevient normale quelques instants après la cessation de l'excitation. On injecte alors dans les veines de l'animal 10 centimètres cubes de culture pyocyanique stérilisée, et immédiatement après, on excite de nouveau le bout central du nerf dépresseur, l'abaissement de la pression sanguine est nul ou insignifiant, le centre vaso-dilatateur ne répond plus à l'excitation : il est paralysé.

Chez un autre lapin curarisé, on excite le bout central du nerf auriculo-cervical d'un côté; l'oreille du même côté rougit immédiatement; tous ses vaisseaux se dilatent. On injecte alors dans les veines 10 centimètres cubes de culture stérilisée du bacille pyocyanique, et on excite de nouveau le bout central du nerf auriculo-cervical : la dilatation vasculaire ne se produit plus.

Je puis donc dire maintenant que les microbes pathogènes ou ceux d'entre eux sur lesquels a porté mon étude sécrètent une substance qui paralyse le centre vaso-dilatateur et que même s'ils fabriquent des substances capables de produire une irritation locale, la paralysie vaso-dilatatrice qu'ils provoquent empêche les phénomènes inflammatoires de se produire dans la partie lésée, et spécialement la dilatation vasculaire, l'exsudation et la diapédèse. De cette façon les microbes sont soustraits à l'une des causes de destruction, le phagocytisme, et peuvent se développer, pulluler et sécréter en liberté.

On comprend maintenant comment les perturbations nerveuses, le froid, les commotions physiques ou morales, la fatigue, les veilles, le chagrin deviennent si souvent l'occasion du développement ou de l'aggravation d'une maladie infectieuse en amoindrissant l'action du centre vaso-dilatateur, en rendant plus diffficile la diapédèse et par conséquent le phagocytisme.

J'ai étudié expérimentalement le mode d'action de ces causes banales auxquelles on attribue légitimement tant de maladies qui sont pourtant des maladies infectieuses. Des lapins vaccinés reçoivent sous la peau la culture pyocyanique dans des cellules capillaires; les uns sont immobilisés en vue de produire la réfrigération spontanée, les autres sont laissés en liberté. Les cellules extraites à des intervalles réguliers chez les animaux des deux séries montrent chez ceux qu'on a laissés libres une abondante migration de leucocytes; chez les animaux refroidis, au contraire, la diapédèse est sensiblement moins intense ; les leucocytes renfermant des bacilles sont plus rares. C'est de cette façon sans douteque le surmenage, comme l'ont vu Charrin et Roger, rend l'infection plus rapide et plus grave et supprime l'immunité. On comprend aussi comment Roger a pu voir l'injection des produits du *Bacillus prodigiosus* rendre possible chez le lapin, animal réfractaire, le développement du charbon symptomatique; comment Monti a pu penser que les produits du *Proteus vulgaris* exaltent la virulence du streptocoque de l'érysipèle ou du pneumocoque. On explique enfin ces faits depuis longtemps établis par la clinique, montrant qu'une première infection favorise l'apparition d'infections secondaires, signalant l'envahissement des articulations par le streptocoque à la suite d'infections causées dans les amygdales, le vagin, le colon par d'autres microbes. On se rend compte enfin du rôle que jouent les fermentations intestinales ou les émanations qui se dégagent de foyers putrides, dans la genèse de certaines maladies infectieuses et en particulier des inflammations suppuratives.

Tous ces faits deviennent intelligibles quand on sait que les microbes pathogènes, et même certains saprophytes, sécrètent des substances qui, paralysant le centre vaso-dilatateur, rendent plus difficile la diapédèse et, par suite, le phagocytisme. L'action de ces substances est presque immédiate : dès qu'elles sont dans le sang, leur effet devient manifeste; mais il cesse rapidement si de nouvelles quantités de ces matières ne remplacent pas celles qui s'éliminent ou se détruisent.

Sécrétions bactériennes vaccinantes. — En face de ces matières nuisibles, je puis signaler, parmi les produits bactériens, des substances utiles à l'organisme animal infecté : je veux parler de ce qu'on a appelé les matières vaccinantes. Je ne retracerai pas, une fois de plus, l'historique de cette question. C'est à Washington, au dernier Congrès médical international, qu'elle est entrée enfin dans la phase expérimentale par les travaux de Salmon et Smith sur le choléra des porcs. Un mois après, Charrin rendait la découverte plus complète et la démonstration définitive en vaccinant le lapin par la culture stérilisée du bacille pyocyanique. La liste des vaccins chimiques grossit chaque jour.

On crut d'abord que ces matières agissaient par contamination, que, déposées dans l'organisme animal, elles y rendaient impossible par leur présence, la vie du microbe qui les avait fabriquées. Je pense avoir rendu peu vraisemblable cette opinion quand j'ai établi que les matières vaccinantes s'éliminent par les urines. Charrin et A. Rüffer ont fait voir qu'il faut quatorze jours pour que leur

élimination soit complète; mais après ce temps, l'état d'immunité ne persiste pas moins. Quand on vaccine en injectant des cultures stérilisées, l'état réfractaire n'est obtenu que le quatrième jour après l'injection, alors qu'une très grande partie de la matière vaccinante est déjà éliminée; il est nul immédiatement après l'injection, quand cette matière est au *maximum* dans le corps de l'animal. L'action des matières vaccinantes qu'on ne constate pas quand elles sont présentes, qu'on constate quand elles sont absentes, n'est donc qu'une action indirecte. L'immunité est un effet secondaire de l'action des matières vaccinantes. Qu'elle soit produite par un vaccin chimique ou par un virus vivant, l'immunité, je l'ai démontré, résulte dans le premier cas, comme dans le second, de l'état bactéricide des tissus et des humeurs, état qui est provoqué par le passage des substances vaccinantes à travers l'économie et qui se maintient après leur élimination. Or les humeurs ne sont que ce que les cellules les font. C'est dire que les cellules imprégnées, même passagèrement, par les matières vaccinantes élaborent et restent capables d'élaborer la matière d'une façon nouvelle; que leur type nutritif est changé définitivement. L'état bactéricide, condition statique de l'immunité acquise, est donc le résultat d'une modification permanente de la nutrition provoquée par le passage de certains produits bactériens à travers l'organisme. Si ce résultat est durable, il se produit tardivement. J'ai établi que l'état bactéricide est nul au moment où l'on vient d'injecter les produits bactériens dans le sang, qu'il est douteux pendant les vingt-quatre premières heures, nettement accusé au bout de quarante-huit heures, plus évident au bout de soixante-douze heures et de quatre-vingt-seize heures. C'est au bout de ce temps seulement que l'immunité est solidement établie.

Les matières vaccinantes sécrétées par les microbes pathogènes dans le corps des animaux infectés, comme elles le sont dans les cultures, produisent des effets expérimentalement démontrables seulement au bout de deux jours, et ces effets ne sont pratiquement utiles que le quatrième jour; mais ces matières se montrent présentes et agissantes pendant quatorze jours; quant à l'effet qu'elles ont une fois produit, il persiste d'une façon permanente. Quelle différence avec les matières qui s'opposent à la diapédèse! Dès quelles sont dans le sang, leur effet est manifeste. Six ou huit heures après leur introduction il est nul.

Les matières vaccinantes ne sont ni toxiques ni pyrétogènes; ou du moins elles peuvent vacciner à des doses où elles ne produisent ni effet toxique ni fièvre, ce qui prouve, pour le dire en passant, que l'immunité acquise n'est pas la conséquence d'un état fébrile et qu'elle n'est pas davantage l'accoutumance aux poisons bactériens.

Quelques autres actions des produits bactériens. — D'autres produits bactériens sont mieux connus, d'autres ont moins d'importance; je ne les signalerai que sommairement.

La fièvre des maladies infectieuses est toxique; elle a été reproduite par Charrin et A. Rüffer en injectant des poisons bactériens. Elle est provoquée par des diastases et par des alcaloïdes: par des diastases comme celle qu'a étudiée Roussy, par des ptomaïnes telles que la mydaléine de Brieger.

D'autres substances sont des poisons, à proprement parler: les uns agissent de préférence sur le système nerveux, les autres modifient également le fonctionnement d'autres cellules et même leur nutrition. C'est à ces poisons qu'il faut attribuer, dans les maladies infectieuses, la céphalée, le délire, les convulsions, le coma, les troubles sécrétoires, les dégénérescences musculaires, ou viscérales. La plupart de ces poisons paraissent être des ptomaïnes, quelques-uns sont des diastases comme celle à laquelle Gamaleïa attribue la diarrhée que provoque l'injection des cultures stérilisées du vibrion cholérique.

Les expériences de Massart et Bordet[1] tendent à faire admettre que les matières sécrétées par certains microbes mettent en jeu l'irritabilité des leucocytes, de telle sorte que ces cellules cheminent dans les solutions de produits bactériens des parties plus diluées vers les parties plus saturées, ce qui amènerait les phagocytes au contact des microbes.

L'impossibilité de l'englobement de certaines bactéries par les leucocytes a donné à penser qu'elles sécrétaient une matière stupéfiante pour les leucocytes.

Il y a enfin des matières bactériennes qui tuent les leucocytes, dont les cadavres sont les cellules du pus; et ces matières, comme je l'ai déjà dit, sont les unes des alcaloïdes, les autres des diastases. Est-ce tout? je suis loin de le prétendre; j'ai même tendance à penser que certains microbes sécrètent des diastases qui, comme celles du jequirity ou comme la papaïne, facilitent le développement de l'infection générale sans empêcher la diapédèse.

Il ne me reste plus qu'à conclure, à grouper dans une synthèse les faits qui se dégagent de cette analyse.

III. — THÉORIE DE L'INFECTION

Une bactérie virulente est introduite par effraction dans nos tissus, ou l'un de ces microbes patho-

[1] Voyez à ce sujet la *Revue* du 15 juillet 1890, page 414.

gènes qui habitent nos cavités, trompant, à la faveur d'une perturbation nerveuse, la surveillance des cellules lymphatiques, passe dans nos humeurs; la maladie n'a pas encore commencé pour cela. L'agent pathogène tombe dans un milieu plus ou moins favorable à son développement. Si nos humeurs sont très bactéricides, il ne se fait pas de végétation, pas de multiplication, partant pas de maladie. Si nos humeurs sont favorables au microbe, le développement est immédiat. Si elles sont modérément microbicides, il y a une première phase de dégénérescence pendant laquelle un certain nombre de bactéries peuvent disparaître, mais pendant laquelle aussi les diastases sécrétées modifient la matière dans la zone envahie, l'adaptent aux besoins du microbe, comme la diastase de la levûre qui transforme en glycose fermentescible la saccharose et la lactose. Alors le développement de l'agent pathogène s'effectue. Que ce développement ait été immédiat ou qu'il arrive seulement après cette phase de dégénérescence, la maladie a commencé.

A partir de ce moment le végétal pullule et sécrète; la masse de ses produits de sécrétion est proportionnelle à son nombre et aussi à l'intensité de sa vie. Ces poisons peuvent causer des détériorations locales par altération chimique du tissu envahi. Ils sont aussi absorbés et provoquent les accidents pyrétiques, nerveux et dystrophiques qui varient suivant la nature des produits absorbés, c'est-à-dire suivant l'espèce du microbe qui les sécrète. Ces phénomènes locaux et généraux de l'infection apparaissent à l'instant précis où le nombre des microbes fait que la masse des produits bactériens n'est plus une quantité négligeable.

Ainsi, en continuant à pulluler, le microbe pousse l'intoxication jusqu'à la mort, malgré les efforts que fait l'organisme pour reculer cette échéance, en éliminant les poisons par les reins, en les transformant dans le foie, en les brûlant dans le sang ou dans les tissus : *à moins que* l'organisme dirige contre la vie des microbes les deux moyens de défense par lesquels il peut agir sur eux: le phagocytisme qui les détruit, l'état bactéricide qui modère et arrête leur pullulation, qui restreint et supprime leur sécrétion. De ces deux moyens, l'un, l'état bactéricide, n'est qu'une arme d'emprunt qui n'est donnée à l'organisme que par le microbe; il n'apparaît d'ailleurs que tardivement.

L'autre, le phagocytisme, appartient en propre à l'organisme, mais suppose la diapédèse, qui, pour s'effectuer, exige une sollicitation du microbe. Si cette sollicitation manque, si l'action irritative locale est nulle, l'infection générale d'emblée peut amener la mort avec une rapidité presque foudroyante. Sauf ce cas le phagocytisme est un moyen de défense, le seul pendant les deux ou trois premiers jours. Dans les infections bénignes il peut, à lui seul, produire certaines guérisons.

Mais beaucoup de microbes ont le moyen d'empêcher l'effort phagocytaire d'aboutir ; ce sont ceux dont les sécrétions paralysent le centre vaso-dilatateur: ce sont aussi peut-être ceux qui par d'autres produits paralysent les leucocytes. Ces sécrétions font le danger de certains microbes, plus encore que les sécrétions pyrétogènes ou vénéneuses. En face de ces microbes, l'organisme est désarmé ou ne dispose que de moyens palliatifs.

Mais heureusement, pendant que la bactérie virulente verse dans les tissus et dans le sang ces substances délétères dont la présence se traduit immédiatement par de graves perturbations, elle sécrète aussi une autre substance qui, pendant plusieurs jours, ne va se révéler par aucun phénomène appréciable, mais qui pénètre les cellules, change leur nutrition et les incite à élaborer la matière suivant un type nouveau : l'état bactéricide s'établit. A ce moment précis, la maladie a atteint son acmé, elle n'a plus qu'à décroître. Dans les humeurs modifiées la pullulation se ralentit, le microbe s'atténue. Les poisons vont être livrés au sang en quantité décroissante et les émonctoires vont suffire à leur élimination. Mais surtout le poison qui paralyse le centre vaso-dilatateur arrive aussi en moindre quantité, la diapédèse, jusque-là entravée, se produit et le phagocytisme désormais possible s'accomplit sans obstacle sur des bactéries déjà atténuées et achève leur destruction commencée par l'état bactéricide.

Dans cette conception de la maladie infectieuse il y a une première période où les microbes en paralysant le centre vaso-dilatateur font que l'infection et l'intoxication sont graduellement croissantes. Pendant ce temps ils préparent la seconde période où l'état bactéricide atténue le microbe, diminue ses sécrétions toxiques et l'oblige enfin à laisser s'accomplir le phagocytisme qui termine le drame.

Dans la maladie infectieuse, les matières bactériennes nuisibles agissent d'emblée; les matières utiles agissent tardivement. Mais l'effet nuisible cesse rapidement, tandis que l'effet utile dure longtemps.

Théorie de la vaccination. — La guérison est la première manifestation de l'immunité. Les matières vaccinantes ont rendu possible la guérison en produisant l'état bactéricide, l'effet utile qui dure longtemps. C'est en effet cet état bactéricide qui constitue la vaccination ou l'immunité acquise. Le microbe qui a produit la première maladie, s'il

est de nouveau introduit dans les tissus y trouvera un terrain singulièrement modifié, beaucoup plus défavorable. Son développement y sera beaucoup plus difficile et peut-être impossible. Mais tout ne se borne pas à cela. Inoculez le même virus fort à un animal sain et à un animal vacciné : il ne provoquera pas de diapédèse chez l'animal sain ; il en provoquera une abondante chez le vacciné. Charrin nous a donné l'explication de ce fait; elle complète la théorie de la vaccination. La bactérie virulente se développe chez le vacciné ; elle se développe mal, donne une végétation grêle et ses secrétions sont amoindries. Elle est capable de produire encore une irritation locale qui sollicite la diapédèse, elle ne secrète plus en quantité suffisante la matière qui s'oppose à la diapédèse. Le phagocytisme s'exécute donc en toute liberté.

Les choses se passent après l'inoculation chez le vacciné de la même manière que j'ai indiquée pour la fin de la maladie évoluant pour la première fois.

L'inoculation d'un virus fort chez un vacciné n'est autre chose que l'inoculation d'un virus atténué. Seulement l'atténuation, au lieu d'être faite au préalable dans le laboratoire, se fait dans les tissus du vacciné. Charrin et Gamaleïa nous ont montré que cette atténuation est complètement effectuée en quarante minutes.

Nous sommes loin des conceptions d'après lesquelles l'état du vacciné n'était que l'énergie acquise par les leucocytes pendant un premier combat ou que l'accoutumance aux poisons bactériens, une sorte de mithridatisation. Quand on vaccine avec les produits solubles et non avec les microbes, les leucocytes ne subissent et ne livrent aucun combat et cependant ils accomplissent désormais leur rôle de phagocytes. Quand on injecte à un animal sain et à un vacciné les produits solubles du microbe qui a vacciné l'un des deux, il faut exactement la même dose pour tuer les deux animaux. Ne parlons donc plus d'entraînement des leucocytes et d'accoutumance des cellules nerveuses aux poisons bactériens : c'est pure rhétorique.

Définition des virus et des vaccins. — Un virus est un microbe pour lequel les humeurs d'un animal, envisagées au point de vue de leur composition, sont un milieu habitable et qui de plus possède les moyens de lutter, souvent avec avantage, contre les procédés de destruction dont dispose l'organisme animal. Le plus puissant des moyens de défense de ce microbe, c'est la propriété qu'il possède de sécréter des matières qui s'opposent au phagocytisme.

Le vaccin est un virus qui a la propriété de sécréter des matières qui modifient lentement et d'une façon durable la nutrition au point de créer l'état bactéricide, et qu'on amène par des artifices d'éducation à perdre quelques-unes de ses sécrétions nuisibles, en particulier celle qui empêche la diapédèse, tout en gardant ses sécrétions vaccinantes.

Conception de l'immunité naturelle. — La théorie de l'immunité acquise n'est pas applicable à l'immunité naturelle, car, par une circonstance paradoxale, l'état bactéricide manque souvent chez les espèces qui possèdent l'immunité, et d'autres qui ont la réceptivité ont des humeurs bactéricides.

Chez l'animal doué de l'immunité naturelle, le virus fort provoque, comme chez le vacciné, la diapédèse et le phagocytisme. Ce n'est pas parce que le virus s'atténue comme chez le vacciné ; c'est, je suppose, parce que le système nerveux de cet animal réfractaire est moins sensible au poison qui empêche la diapédèse, que le système nerveux des espèces qui ont la réceptivité. Mais cette différence n'est pas essentielle, elle n'est qu'affaire de degré et il suffit pour forcer l'immunité naturelle, pour produire l'infection générale et pour empêcher la diapédèse, d'augmenter, comme je l'ai fait, la dose des produits bactériens. Une expérience de Roger est instructive à ce point de vue. Chez un lapin, animal réfractaire, il inocule dans la chambre antérieure le bacille du charbon symptomatique. Dans ce milieu dépourvu de leucocytes, le végétal se développe, ce qui prouve que les humeurs n'étaient pas bactéricides. A ce moment Roger fait une seconde inoculation à la cuisse : la tumeur crépitante s'y développe et l'infection générale se produit. Dans cette expérience, la culture dans la chambre antérieure a jeté dans la circulation assez de matière pour empêcher la diapédèse, et l'infection s'est produite, comme quand on inocule chez cet animal le même microbe en l'accompagnant d'une grande quantité de ses produits. J'ai terminé. Le système que je soumets n'est sans doute pas exempt d'hypothèses, mais pour les points essentiels, il repose, je crois, sur des faits expérimentalement démontrés.

Dr Ch. Bouchard

Membre de l'Académie des Sciences.

GAY-LUSSAC (1)

Gay-Lussac est né à Saint-Léonard, près de Limoges, le 6 décembre 1778. Son père était magistrat; compromis pendant la Terreur, il se trouva fort dépourvu pendant les années suivantes et ne réussit qu'à grand'peine à envoyer son fils à Paris, pour le préparer à l'École polytechnique qui venait d'être fondée.

Des difficultés d'approvisionnement, dont nous n'avons plus heureusement que le souvenir, rendaient fort précaire la position des maîtres de pension. Menacés à chaque instant de ne plus pouvoir nourrir leurs élèves, ils fermaient leurs établissements les uns après les autres : Gay-Lussac changea plusieurs fois d'institution, mais il n'était pas homme à se laisser retarder par ces premiers obstacles qui n'arrêtent que les irrésolus et les faibles. En 1798, il entra à l'École Polytechnique, s'y distingua, fut classé dans les Ponts et Chaussées et était encore élève à l'École des Ingénieurs quand une circonstance heureuse décida de sa carrière. A son retour d'Égypte, Berthollet avait repris ses travaux : il réorganisa rapidement son laboratoire et demanda à l'École des Ponts et Chaussées des élèves pour l'aider dans ses recherches. Gay-Lussac fut désigné ; dès son installation, Berthollet lui communique ses idées sur un sujet qui le préoccupe, lui indique les expériences à exécuter pour obtenir les résultats qu'il prévoit; l'élève se met à l'œuvre, se réjouissant sans doute de confirmer les vues du maître, mais..., l'expérience est rebelle à son désir, elle se prononce contre l'hypothèse entrevue. Ce premier travail qui contredit le professeur va-t-il tourner contre l'élève? Il n'en est rien. Berthollet, frappé de la netteté des conclusions de son jeune collaborateur, de son respect de la vérité, lui écrit : « Jeune homme, votre destinée est de faire la science. »

La prévision ne tarda pas à se réaliser. Le 11 pluviôse an X, à vingt-quatre ans, Gay-Lussac, encore élève ingénieur à l'École des Ponts et Chaussées, lit devant la première classe de l'Institut son mémoire sur la dilatation des gaz et des vapeurs ; il s'astreint à ne mesurer les changements de volume des gaz que lorsqu'ils sont dépouillés de vapeur d'eau, et éliminant les perturbations qui avaient obscurci les observations de ses prédécesseurs, il reconnaît que tous les gaz soumis à la même élévation de température se dilatent de la même fraction de leur volume.

Du premier coup, Gay-Lussac découvre non un fait isolé, mais une loi générale que la postérité désigne sous le nom de loi de Gay-Lussac, comme elle avait donné le nom de Mariotte à l'énoncé des changements que subit le volume des gaz soumis à diverses pressions.

Personne ne s'y trompa, un maître s'était révélé : Berthollet, fier de son élève, l'introduit dans sa Société d'Arcueil. C'est là que Gay-Lussac rencontre Alexandre de Humboldt, qui, oubliant la verdeur avec laquelle le jeune savant avait critiqué quelques-unes de ses expériences, va vers lui et contracte bientôt, avec son adversaire d'un jour, une amitié qui ne devait s'éteindre qu'avec la vie. Une question importante préoccupait de Humboldt, le grand voyageur : L'air a-t-il, sur tous les points du globe, la même composition? Partout où il avait passé, de Humboldt avait recueilli des échantillons d'air, mais il hésitait sur les méthodes à employer pour les analyser; il consulte Gay-Lussac, s'associe à lui, et après discussion, on décide de faire usage de l'eudiomètre; son emploi exige des études préliminaires, il faut savoir exactement suivant quels volumes s'unissent l'oxygène et l'hydrogène, de façon à pouvoir déduire de la diminution de volume que détermine le passage de l'étincelle, dans l'air additionné d'hydrogène, la quantité d'oxygène qu'il renfermait.

Ce travail préliminaire est un chef-d'œuvre, on aperçoit ni les incertitudes ni les hésitations d'un débutant; la question est clairement posée, les expériences nettement décrites, les chiffres obtenus ne conduisent cependant à aucun résultat simple : comme Lavoisier, Gay-Lussac et Humboldt trouvent seulement d'abord que deux volumes d'hydrogène prennent pour former l'eau une quantité d'oxygène voisine d'un volume, mais Gay-Lussac est déjà pénétré, par son premier travail, de l'idée que les lois qui régissent les gaz ont une précision mathématique; les résultats sont discutés, les résidus analysés par une nouvelle méthode, on y reconnaît de petites quantités d'azote, et cette cause perturbatrice éliminée, le résultat apparaît dans sa majestueuse simplicité : deux volumes d'hydrogène prennent *exactement* un volume d'oxygène pour former deux volumes de vapeur d'eau. Auquel des deux collaborateurs appartient cette idée de la simplicité des rapports suivant lesquels les gaz entrent en combinaison, il serait cruel de l'ignorer : Humboldt n'hésite pas à le déclarer, l'idée appartient à Gay-Lussac, et il est

[1] La ville de Limoges vient d'élever une statue à Gay-Lussac. L'inauguration a eu lieu lundi dernier 11 août. L'Académie des Sciences avait délégué M. P. P. Dehérain pour la représenter à cette fête; ce savant y a prononcé un discours, d'où il a bien voulu extraire, pour nous en donner la primeur, la présente étude. (*Note de la Rédaction.*)

bien probable que dès cette époque, dès 1805, Gay-Lussac avait l'intuition que le fait trouvé pour l'oxygène et l'hydrogène n'était pas isolé, mais devait s'étendre à toutes les combinaisons gazeuses, ce ne fut cependant qu'en 1809 qu'il généralisa cette admirable observation.

Aussitôt qu'ils ont entre les mains une méthode exacte d'analyse, les deux amis examinent les échantillons d'air recueillis par de Humboldt, et trouvent que l'air a sensiblement sur tous les points du globe la même composition; en est-il de même de celui des hautes régions de l'atmosphère? Gay-Lussac n'hésite pas à tenter une ascension en ballon pour aller en recueillir. Il est poussé, en outre, à exécuter ce voyage aérien par le désir de vérifier des assertions singulières émises en Allemagne sur les changements que présenteraient les propriétés magnétiques quand on s'élève dans l'atmosphère; dans une première ascension, exécutée avec Biot, il atteint 4,000 mètres, dans une seconde, il monte seul jusqu'à 7,000 mètres : corrige l'erreur qu'avaient commise les physiciens allemands, recueille l'air des hautes régions, dès le lendemain le soumet à l'analyse et lui trouve une composition identique à celui de la surface.

La puissante impulsion que Lavoisier avait donnée à la chimie, un instant ralentie par sa mort tragique, s'était fait sentir de nouveau au commencement du siècle; les découvertes se succédaient rapidement; en 1807, à l'aide de la pile, H. Davy décompose la potasse et la soude, mais n'obtient par cette méthode que de petites quantités des métaux alcalins. Les chimistes cependant avaient grand intérêt à posséder ces agents énergiques et singuliers qui prennent feu au contact de l'eau. Gay-Lussac s'unit à Thenard, et bientôt les deux chimistes français réussissent à préparer des quantités notables de potassium et de sodium en chauffant à très haute température les alcalis en présence du fer, décomposition curieuse dont l'interprétation n'a pu être donnée par H. Sainte-Claire Deville, qu'après ses travaux sur les phénomènes de dissociation.

Entre des mains habiles, ces puissants agents ne restent pas inutiles, et la découverte du bore, séparé de l'acide borique par le potassium, montre combien sont puissantes les affinités des nouveaux métaux dont la science vient de s'enrichir.

La manipulation journalière d'un corps comme le potassium n'est pas sans danger : Gay-Lussac l'apprit à ses dépens, il fut cruellement atteint par une explosion; le visage en sang, aveuglé, on le reconduisit péniblement de l'École Polytechnique à sa maison de la rue des Poules; pendant un mois on crut qu'il avait perdu la vue; la lueur d'une petite veilleuse dont se servait Mme Gay-Lussac pour lui faire la lecture était la seule lumière que pouvaient supporter ses yeux malades.

La crainte de rester aveugle à trente ans, quand on se sent appelé à de hautes destinées, pourrait conduire au désespoir; d'autres se seraient abandonnés, mais Gay-Lussac était de taille à se mesurer avec l'adversité. Il supporta stoïquement sa souffrance; lentement il guérit, la faiblesse de sa vue lui rappela longtemps cependant le cruel accident auquel il avait failli succomber.

Parmi les travaux qui illustrèrent la collaboration de Gay-Lussac et de Thenard, il faut citer encore le mémoire sur l'acide muriatique oxygéné; on sait que Berthollet, le maître de Gay-Lussac, avait non seulement apporté d'importants perfectionnements à l'industrie du blanchiment en utilisant les propriétés décolorantes du chlore, mais qu'il avait, dès 1785, contribué à faire admettre que le gaz découvert par Scheele était une combinaison de l'acide muriatique avec l'oxygène.

Quelle est la matière unie à l'oxygène qui donne comme premier terme de la combinaison l'acide muriatique, comme second l'acide muriatique oxygéné? Telle est la question abordée par Gay-Lussac et Thenard; en voyant une dissolution de chlore dans l'eau dégager de l'oxygène aussitôt qu'elle est exposée au soleil, ils étaient en droit de supposer qu'en soumettant l'acide muriatique oxygéné à l'action du charbon rouge de feu, ils obtiendraient facilement de l'acide carbonique ou de l'oxyde de carbone et de l'acide muriatique ou peut-être même le radical encore inconnu qu'il renferme; or, l'acide muriatique oxygéné résiste à l'action du charbon porté au rouge : il traverse sans changements les tubes dans lesquels on l'expose à cette puissante action réductrice, on ne recueille aucun autre gaz. Ce résultat, si contraire aux prévisions, ouvre les yeux des deux chimistes, la lumière se fait dans leur esprit, ce prétendu corps est très mal nommé, ce n'est pas une matière oxygénée, c'est un corps simple; mais, comment soutenir cette opinion devant Berthollet, comment lui faire admettre qu'il s'est trompé, comment travaillant à Arcueil, chez lui, avec ses réactifs et ses instruments, se servir des uns et des autres pour détruire un des travaux sur lesquels s'est fondée sa réputation?

La condescendance que montrèrent à cette occasion Gay-Lussac et Thenard leur coûta cher; dans leur mémoire sur l'acide muriatique, ils écrivent : « Toutes les propriétés de l'acide muriatique oxygéné s'expliquent très bien en admettant que c'est un corps simple », mais, bien malgré eux sans doute, ils continuent par cette phrase malencon-

treuse : « Nous ne chercherons point cependant à défendre cette hypothèse, parce qu'il nous semble que ces propriétés s'expliquent encore mieux en regardant l'acide muriatique oxygéné comme un corps composé. »

Malgré la forme dubitative sous laquelle ils l'avaient émise, l'hypothèse de Gay-Lussac et Thenard fit son chemin, un chimiste industriel resté obscur, dont le nom est loin d'avoir l'éclat qu'il mérite, Curaudau, montre très bien [1] qu'on ne peut tirer d'oxygène du prétendu acide muriatique oxygéné qu'en présence de l'eau, que l'oxygène qu'il dégage souvent provient de l'eau décomposée, dont l'hydrogène s'unit au radical pour former l'acide muriatique.

Sir H. Davy apporta enfin, à l'appui de la manière de voir de Gay-Lussac et Thenard, des arguments décisifs [2] ; aucun lien d'amitié ne l'attache à Berthollet ; sans ménagement, il déclare que son acide muriatique oxygéné est un corps simple ; il lui donne le nom de chlore, qui est resté, et partage ainsi avec Gay-Lussac et Thenard une gloire qui aurait dû leur rester tout entière.

Ce fut seulement, au reste, quelques années plus tard et à la suite d'une nouvelle découverte de Gay-Lussac que la simplicité du chlore fut complètement admise. Un salpêtrier nommé Courtois découvre dans les eaux mères des soudes extraites des varechs une matière nouvelle ; le temps lui manque pour se livrer à une étude approfondie ; il reconnaît cependant que cette matière forme avec l'ammoniaque une poudre très explosive ; puis, désespérant de pouvoir continuer ses recherches, remet la matière nouvelle à Clément, celui-ci la garde pendant deux ans sans en rien faire et très légèrement la donne à H. Davy, de passage à Paris ; aussitôt que Gay-Lussac apprend cette imprudence, il comprend que peut-être une découverte importante va échapper à notre pays ; il court chez Clément, chez Courtois, réunit le peu de substance qu'ils ont conservé et, en quelques semaines, improvise un magnifique mémoire dans lequel il démontre que la nouvelle substance est un corps simple voisin du chlore, qui sera désigné sous le nom d'iode, à cause de la belle couleur violette de sa vapeur.

Huit jours plus tard, H. Davy, publiait à son tour un travail remarquable et arrivait aux mêmes conclusions que Gay-Lussac, mais celui-ci ne s'était pas laissé devancer par un émule redoutable, et la découverte était restée à la France [3].

Quelques années auparavant, Gay-Lussac avait complété la découverte ébauchée dans le mémoire publié avec de Humboldt sur l'eudiométrie ; c'est en 1809 qu'il lut à la Société d'Arcueil son mémoire sur les combinaisons des gaz et montra qu'ils s'unissent toujours suivant des rapports simples en volumes, et que les produits formés, considérés à l'état de gaz, sont encore dans un rapport simple avec les volumes des constituants.

Ces lois, qui conservent le nom de Gay-Lussac, rapprochées de celle qu'il avait trouvée déjà sur la dilatation des gaz, de celle de Mariotte, de la loi des proportions multiples de Dalton, permirent à à Avogadro et à Ampère d'introduire les fécondes hypothèses sur lesquelles se sont greffées toutes nos connaissances actuelles sur les gaz.

Ces lois occupent une place à part dans l'œuvre immortelle de Gay-Lussac et ne sauraient être mises en parallèle qu'avec son mémorable travail sur l'acide prussique, dans lequel il dévoile la constitution et les propriétés du cyanogène, de cet azoture de carbone qui, se comportant comme un corps simple, a donné le premier exemple de ces radicaux composés dont la chimie organique a fait un si fréquent usage pour représenter la constitution des matières complexes qu'elle étudie.

Les lois sur les combinaisons gazeuses, le cyanogène, fixeront à jamais dans la mémoire des hommes le nom de Gay-Lussac. La valeur d'une découverte se mesure à sa fécondité. Or, les lois sur l'union des gaz ont servi de base à la théorie atomique, à celle de l'atomicité des éléments ou des combinaisons, qui guident aujourd'hui les chimistes et leur permettent de faire sortir du laboratoire ces légions de corps nouveaux, qui justifient chaque jour davantage l'admirable expression de M. Berthelot : « la chimie crée l'objet de ses études » ; et, sans l'hypothèse des radicaux composés dont le premier exemple a été fourni par le cyanogène, la classification de ces combinaisons nouvelles deviendrait impossible, leur étude inextricable ; il faudrait renoncer à pénétrer dans cette forêt prodigieusement luxuriante que représente aujourd'hui la chimie organique ; l'œuvre de Gay-Lussac a non seulement puissamment contribué à sa croissance, elle a permis en outre d'y tracer les grandes voies qui facilitent son accès.

A ces travaux de chimie s'ajoutent des mémoires de physique du plus haut intérêt, notamment les études sur la force élastique du mélange des gaz et des vapeurs, puis des applications industrielles de premier ordre : il n'est pas de matière première plus importante que l'acide sulfurique ; le produire à très bas prix est une condition de prospérité pour nombre d'industries, les perfectionnements apportés par Gay-Lussac y ont contribué pour une large part.

De tous les services qu'il a rendus, l'un des plus

[1] Mémoire lu à l'Institut, le 5 mai 1810.
[2] Mémoire lu à la Société Royale, le 12 juillet 18'0.
[3] Le mémoire a été lu le 1er août 1814.

marquants a été de substituer, dans nombre de cas, la mesure des volumes liquides aux pesées; dans la chlorométrie, dans les analyses alcalimétriques il a recommandé l'emploi des liqueurs titrées, mais c'est surtout dans l'analyse des alliages monétaires que ses méthodes aussi rapides qu'exactes se sont substituées complètement à celles qu'on employait jadis, il a régularisé l'emploi des alcoomètres pour mesurer la richesse en alcool des liquides, il a donné des instructions précises sur la graduation de ces instruments, il a fait exécuter le calcul des tables nécessaires pour corriger les lectures faites à des températures différentes de celles où avait eu lieu la graduation, il a mis ainsi entre les mains de tous les commerçants des instruments aussi fidèles que faciles à employer.

L'œuvre écrite de Gay-Lussac est donc considérable, son enseignement n'a pas été moins fécond; toute la première partie de sa carrière a été consacrée à l'École Polytechnique : c'est là qu'il a exécuté ses plus grands travaux, c'est là aussi qu'il a donné le modèle de ces leçons claires, précises, où il dédaigne les formes oratoires encore en usage à cette époque, ne cherchant que la vérité et s'élevant seulement par la grandeur des faits exposés. « Quelle réserve modeste dans son langage lorsqu'il exposait ses propres découvertes, quel entraînement lorsqu'il exposait celle des autres! » a dit de lui un de ses contemporains.

Gay-Lussac avait cette froide résolution qui fait braver les plus grands dangers, toutes les fois que l'exige un sérieux intérêt scientifique : ses travaux sur le potassium, sur l'acide cyanhydrique, le plus violent de tous les poisons, ses ascensions à une époque où l'emploi des aérostats était peu répandu, en font foi.

Il avait horreur de la lâcheté et de la perfidie et cet homme froid et réservé se jetait résolument en avant pour les combattre; en 1815, quelques jours après la seconde Restauration, dans un des conseils tenus a l'École Polytechnique, un royaliste fougueux demanda si un professeur bien connu pour ses opinions libérales avait signé l'Acte additionnel des Cent Jours; Gay-Lussac sent la perfidie de cette question : « Je ne sais, dit-il, si M. Arago a signé l'Acte additionnel, mais je déclare que moi je l'ai signé, estimant que, devant l'ennemi, tous les Français doivent être unis. » Le questionneur se tut; on vit, en haut lieu, que l'épuration irait trop loin et l'affaire fut abandonnée. De la Faculté des Sciences, où il avait été chargé d'organiser l'enseignement de la Physique, Gay-Lussac passa en 1832 au Museum d'Histoire naturelle : c'est là que se sont écoulées les dernières années de sa vie, il venait cependant chaque été se reposer de ses fatigues dans la propriété qu'il avait achetée aux environs de Limoges, car il avait toujours conservé la plus vive affection pour son pays natal. Ses compatriotes l'envoyèrent à la Chambre des Députés de 1831 à 1838; en 1839, il entra à la Chambre des Pairs, il y était attendu; Berthollet, sentant sa fin approcher, lui avait, quelques années auparavant, légué son épée de pair de France, pour le désigner comme son successeur.

A la fin de l'année 1849, la santé de Gay-Lussac commença à donner de vives inquiétudes à ses proches et à ses amis. Il était ici; on profita d'un mieux fugitif pour le ramener à Paris. L'amélioration ressentie pendant quelques jours disparut. Gay-Lussac était trop habitué à tirer les conséquences probables des faits pour ne pas prévoir l'issue prochaine de sa maladie; il ne voulut rien laisser d'incomplet et fit brûler un Traité de philosophie chimique qu'il n'avait pu terminer; peu à peu il déclina, et entouré de ses amis, soutenu par l'affection de sa femme et de ses enfants, il mourut le 9 mai 1850.

Quand une ville a vu naître un grand homme, dont le nom ne rappelle que des bienfaits, cette ville doit à ce grand homme un bronze dont la vue éveille les jeunes courages, élève les cœurs et les anime d'une noble ambition; il est bon que sur notre terre de France se dresse au-dessus de nous un peuple de statues; il est bon qu'aux jours où le poignant souvenir de la défaite nous courbe la tête, nous puissions, en levant les yeux, retrouver dans les gloires du passé l'espérance en l'avenir!

P. P. Dehérain
Membre de l'Académie des Sciences

SUR LES CYCLONES

A l'occasion d'une récente communication de M. Faye à l'Académie des Sciences de Paris, je désirerais présenter quelques remarques sur un point important de sa théorie des cyclones.

« De quelque manière qu'on s'y prenne pour faire monter de l'air dans l'atmosphère, écrit l'éminent astronome (1), il faut de la chaleur ou de la force. Dans le premier cas, la chaleur doit être appliquée en bas, et c'est là l'origine de la théorie régnante en Météo-

(1) *Comptes rendus*, Académie des Sciences, 23 juin 1890. t. CX, p. 1298 en Note.

rologie. Dans le second cas, il faudrait placer en haut, dans les nues, un appareil d'aspiration actionné par une force motrice. Les girations à peu près horizontales qui naissent dans un courant supérieur aux dépens des inégalités de vitesse n'ont rien de commun avec un tel appareil. Nous voyons bien des girations produire, dans les cours d'eau, des tourbillons capables de transporter et de concentrer de la force dans leurs spires progressivement rétrécies, mais ces tourbillons sont invariablement descendants, ainsi que l'eau dont les spires sont formées.

« Disons aussi, incidemment, qu'il n'y a rien de cyclonique dans les maxima de pression auquels on donne le nom d'anticyclones, pas plus que dans les minima statiques auxquels on donne abusivement le nom de cyclones, etc... »

Je commencerai par rappeler que, dans les rivières, les courants générateurs des tourbillons se trouvent *en bas*, tandis que, pour les tourbillons aériens ces courants sont *en haut*, de l'avis même de M. Faye pour ces derniers. Dans l'eau, les entonnoirs ne prennent naissance que lorsqu'il existe des courants *inférieurs plus rapides que ceux de la surface*, comme il arrive dans des réservoirs dont le fond est percé d'un trou, ou près des vannes entr'ouvertes d'où l'eau s'échappe par *le bas* alors que l'entonnoir se creuse en amont; ou bien encore, à la suite d'un coup d'aviron plongeant à une certaine profondeur; l'extrémité de l'aviron donne alors aux veines liquides situées à cette profondeur une vitesse plus grande qu'aux veines superficielles... etc.

Dans tous les cas l'entonnoir se creuse autour de l'axe et le mouvement est *descendant*. C'est toujours vers la région inférieure où l'eau est enlevée avec le plus de vitesse que tend l'entonnoir et qu'afflue le liquide venant du haut pour remplacer les veines enlevées au bas. Les courants *inférieurs* constituent dans l'eau l'appareil d'aspiration.

Dans l'atmosphère nous voyons au contraire que les courants générateurs des tourbillons sont *en haut*, dans les régions supérieures, comme le dit M. Faye; pourquoi refuse-t-il donc d'y placer également l'appareil d'aspiration en question? Il dit en effet :

« Les girations à peu près horizontales qui naissent dans un courant supérieur aux dépens des inégalités de vitesse n'ont rien de commun avec un tel appareil. »

Je ne veux retenir, pour l'instant, que ces mots : « les *girations à peu près horizontales qui naissent dans un courant supérieur* ».

Voici donc ces girations engendrées par tel mode que l'on voudra; du moment qu'elles existent, on m'accordera bien que, si elles ont pris naissance, ce ne peut être dans un plan horizontal théorique, mais bien sur une certaine épaisseur, cette épaisseur ne fût-elle que de vingt mètres. Nous voyons donc quelque part, dans les régions supérieures, un certain volume d'air d'un diamètre quelconque, une espèce de tore ayant vingt mètres d'épaisseur, tourner en rond autour d'un axe plus ou moins vertical.

Du moment que cet air tourne autour d'un axe, M. Faye, comme tout le monde, devra convenir que les particules de cet air sont soumises à la force centrifuge et qu'il se produira par suite, sur l'axe, une raréfaction, c'est-à-dire une dépression qui sera maxima au centre et ira en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de l'axe.

Voici donc une région centrale en dépression par rapport aux couches d'air situées au-dessus et au-dessous du tore tournant et, dès lors, il n'est pas difficile de voir qu'*au-dessus*, le courant avoisinant l'axe, *est descendant* et qu'*au-dessous* il est *ascendant*. Comme nous supposons que la cause quelconque qui produit le mouvement de giration continue son effet, cet air arrivant du haut et du bas est entraîné dans le tourbillonnement et augmente sans cesse le volume du tore en y pénétrant par les régions voisines de son plan équatorial.

Les girations supérieures, concédées par M. Faye, remplissent donc bien la condition d'un appareil d'aspiration placé *en haut* et cet appareil est tout à fait analogue à celui qui est placé *en bas* dans les cours d'eau. Si donc ce dernier appelle les couches d'eau supérieures vers le fond, le premier fera l'appel des couches d'air inférieures vers le haut.

Pour peu qu'on y réfléchisse un peu plus, on comprend facilement que, si la cause première continue son action, le tourbillon entier descendra jusqu'à la surface de la mer tout en conservant son mouvement ascensionnel intérieur; je l'ai démontré ailleurs depuis longtemps.

Prenons maintenant ce tourbillon lorsque sa base inférieure vient se fermer sur la mer et lécher sa surface : c'est toujours de l'air tournant autour d'un axe vertical et se déplaçant horizontalement, mais, du moment que cet air continue à tourner autour de l'axe, nous pouvons voir que ses particules sont retenues sur des spires et ballotées entre la force centrifuge qui tend à les rejeter en dehors, et la dépression axiale qui tend à les rappeler en dedans.

Les particules tout à fait inférieures, celles qui, en tournant, lèchent directement la surface de l'eau, éprouvent un frottement dont l'effet est de ralentir leur vitesse. Il en résulte pour elles une diminution correspondante de force centrifuge, en sorte qu'elles obéissent alors à l'action devenue prépondérante et provenant de la dépression intérieure; elles exécutent des spirales centripètes.

Théorie et expériences ne laissent aucun doute à ce sujet.

Il faut remarquer, cependant, que toutes les particules d'air léchant directement la surface de l'eau, ne gagnent pas toutes le centre même. En effet, si un nombre quelconque de ces particules peut tenir sur le contour extérieur du tourbillon, ce même nombre sera trop grand pour occuper les emplacements de plus en plus rétrécis vers l'intérieur. La plupart d'entre elles quittera donc la surface immédiate de l'eau et sera reprise aussitôt dans le mouvement tourbillonnaire général, en sorte que l'air formera un véritable tube laissant sur l'axe la dépression barométrique centrale constatée dans les cyclones ou dans les trombes.

L'air monte donc vers l'appareil d'aspiration supérieur, non pas sur l'axe même, comme on le dit souvent par erreur, mais bien sur une nappe conique dont le grand pavillon est en haut. Cet air redescend ensuite par l'extérieur [1].

Disons enfin que, malgré le mouvement ascendant de la nappe intérieure d'un tourbillon, les cirrus ou vapeurs supérieures peuvent descendre dans cette nappe et en sens inverse de son mouvement ascendant. Ici encore la théorie de même que les expériences ne laissent place à aucun doute. C'est même là le phénomène qu'on aperçoit surtout dans une trombe marine proprement dite, lorsque le fuseau nuageux s'étire vers la mer, et, dans mes expériences, j'ai pu réaliser complètement cet effet qui parait si paradoxal au premier abord.

Ch. Weyher.

[1] A ce sujet, si certains météorologistes n'ont pas constaté le mouvement *descendant* extérieur à un tourbillon formant cyclone ou trombe, cela tient simplement à ce que la vitesse de retour peut être extrêmement lente par rapport à la vitesse d'ascension intérieure. En effet, si l'on considère un anneau d'air à la base intérieure et inférieure d'un tourbillon, et dans la partie ascendante, cet anneau sera relativement petit et d'un faible volume. Ce même volume, en montant sur la nappe conique intérieure, s'élargit de plus en plus et finit par atteindre les diamètres extérieurs du tourbillon; il devient alors insignifiant par rapport au volume total de telle sorte que la vitesse de redescente ne peut être saisie qu'en de rares occasions et lorsque les circonstances sont particulièrement favorables.

LA FAUNE PÉLAGIQUE [1]

(*Suite et Fin*).

Voisins des Annélides sont les *Mollusques*. Leurs larves possèdent une forme typique à peu près semblable; mais s'en différencient bientôt par l'apparition du *pied*, organe tout à fait caractéristique, et qui, suivant que ses éléments médians ou ses parties latérales se développent plus ou moins, change absolument la physionomie de l'animal et ses conditions d'existence. C'est à la forme de ce pied qu'est entièrement empruntée la classification des mollusques dont nous avons à nous occuper ici : Gastéropodes, Ptéropodes et Céphalopodes.

I

Les *Gastéropodes* proprement dits, ceux dont l'escargot vulgaire peut donner une idée, au moins pour la forme extérieure, sont évidemment mal faits pour une natation active. Une de leurs espèces peut cependant vivre en haute mer à l'aide d'un artifice singulier. Le pied sur lequel notre escargot ne peut que ramper, la Janthine [2] s'en sert pour emprisonner dans le mucus qu'il secrète une série de bulles d'air, qui finissent par former un petit radeau, capable de supporter le poids de l'animal; poids fort léger du reste, la coquille s'étant réduite à une mince lame transparente teintée d'un beau bleu violet. La Janthine attache aussi ses œufs à la face inférieure de ce radeau, et passe sa vie à réparer les avaries incessantes de sa frêle construction. Les jeunes, à peine éclos, montent sur le radeau maternel; et c'est là qu'ils commencent le leur, avant de pouvoir à leur tour mener une vie indépendante.

Chez les autres Gastéropodes vrais qui habitent la haute mer, la coquille a disparu. Le pied lui-même, déjà fort rétréci sur les Aplysies de nos côtes, devient linéaire chez les Scyllées qui rampent sur les Sargasses, mais doivent fréquemment nager; il n'est plus distinct sur les formes essentiellement pélagiques : *Glaucus* (fig. 1, I), *Acura*, *Phyllirhoe* (fig. 1, II).

Ce même pied s'est, dans le groupe des *Gastéropodes Hétéropodes*, entièrement réduit à ses éléments médians; le postérieur reste distinct; les deux antérieurs fusionnent, constituant à ces animaux une large nageoire membraneuse (fig. 1, III, IV), située dans le plan médian du corps, et dont les mouvements ondulatoires déterminent une lente progression. Rien n'est plus étrange que la natation de ces êtres bizarres qui, renversés sur le dos, agitent au-dessus d'eux cette sorte d'étendard vivant.

Seules les plus petites espèces du groupe, les Atlantes (fig. 1, IV), se rétractent entièrement dans

[2] Voyez la *Revue* du 30 juillet 1890, page 433.

[1] Voir la *Revue* du 30 juillet 1890, page 436 (fig. 2, IV).

une coquille enroulée en spirale aplatie. Dans la famille des Ptérotrachéides, où la taille devient assez considérable, la coquille n'est plus, chez les Carinaires, qu'un mince cornet abritant quelques organes, mais en dehors de laquelle le mollusque demeure presque tout entier; chez les Firoles (fig. 1, III), cette enveloppe protectrice a complètement disparu.

Les Hétéropodes, généralement doués d'une transparence remarquable, habitent tous la haute mer. Quelques-unes de leurs formes sont au nombre des pélagiques les plus fréquents, et pullulent au point de former de véritables bancs. Aussi les coquilles des Atlantes prennent-elles parfois une part assez grande à la formation des dépôts que l'on désigne sous le nom de vases à Ptéropodes. Mais ces vases sont principalement constituées, comme ce nom l'indique, par les débris de petites coquilles provenant de mollusques fort différents.

Les *Ptéropodes*, tous également pélagiques, nagent à l'aide de deux lames membraneuses dont ils battent l'eau avec une grande énergie. Cet appareil natatoire, qui leur a valu d'être appelés les papillons de la mer, est formé par les éléments latéraux du pied qui, plus ou moins complètement avortés chez les Gastéropodes, prennent ici un grand développement; tandis que la partie moyenne, qui constitue la nageoire de l'Hétéropode, demeure par contre à l'état rudimentaire. Ces petits êtres (fig. 1, V, VI), parfois nus, parfois logés dans des coquilles de formes très diverses, coques ventrues, arrondies ou pyramidales, cornets étroits et pointus comme des aiguilles, ou bien encore coquilles spiralées semblables à celles de l'Escargot, présentent aussi presque toujours une grande transparence; mais fréquemment quelques-uns de leurs organes sont colorés des nuances les plus délicates du rose, du violet ou du brun. Ils se rencontrent quelquefois en nombre si considérable que leurs coquilles peuvent, malgré leur petitesse et leur fragilité, former des couches puissantes au fond de certaines mers.

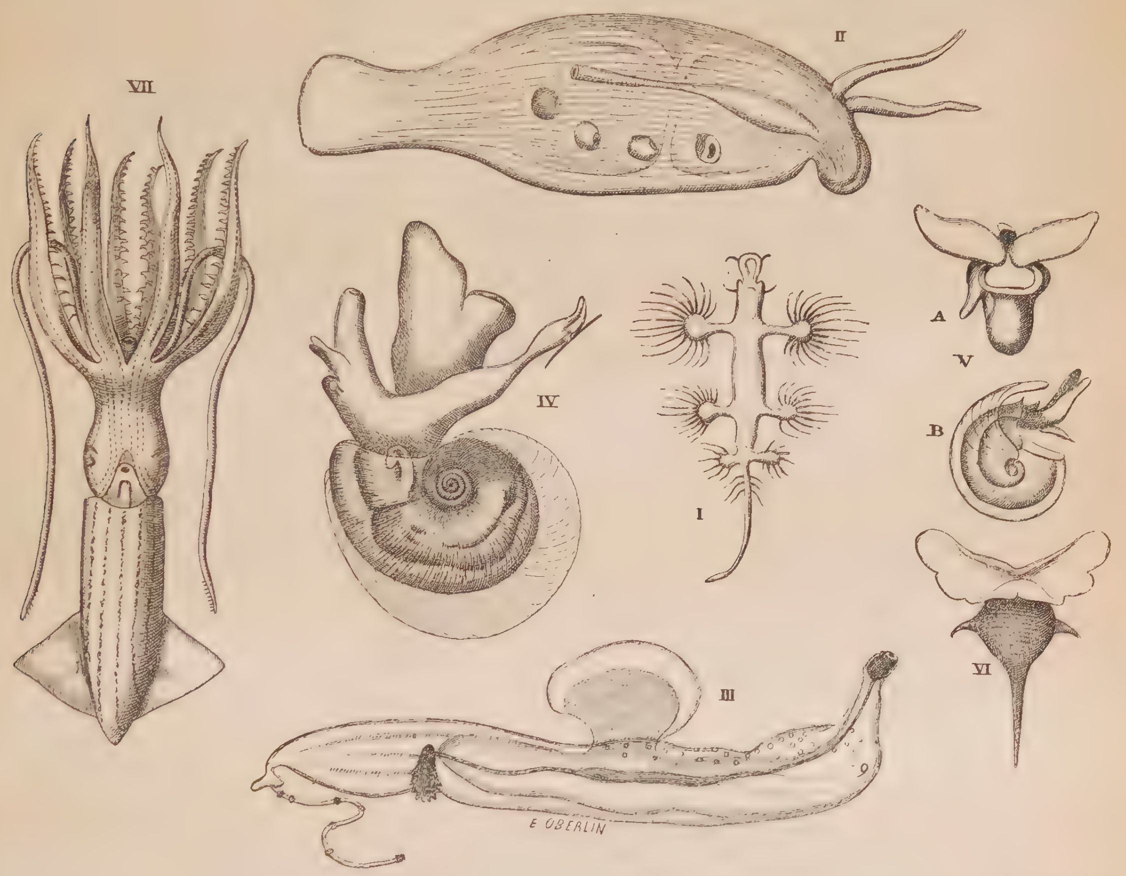


Fig. 1. — MOLLUSQUES PÉLAGIQUES.
I, II. Gastéropodes : I. *Glaucus atlanticus* (Forster) ; II. *Phyllirhoe bucephalum* (Lamarck). — III, IV. Hétéropodes III. *Pterotrachea mutica* (Les) ; IV. *Atlanta turriculata* (d'Orb.). — V, VI. Ptéropodes : V. *Spirialis rostralis* (Soul.); A, face; B, côté; VI. *Hyalea trispinosa* (Les). — VII. Céphalopode : *Enoploteuthis leptura* (d'Orb.).

Si l'on en excepte le Nautile, dont le genre de vie est fort contesté, tous les *Céphalopodes* actuels (fig. 1, VII), se partagent en deux groupes : les Octopides qui n'ont que huit bras comme le Poulpe; et les Décapides, comme la Seiche, qui possèdent en outre deux bras fort différents. Le premier est

principalement représenté en haute mer par les *Tremoctopus* et les Argonautes ; le second par les diverses espèces des Oigopsides, et peut-être les Spirules. Une coquille externe fort mince existe chez la femelle des Argonautes, autrefois si célèbre. Ailleurs le corps est nu ; mais il peut exister une mince lame cornée, logée dans un repli du manteau. Ces animaux, parfois les Argonautes, mais surtout les Calmars, peuvent aussi former des bancs immenses ; comme cela a été observé pour l'*Ommastrephes sagittatus* dans les parages de Terre-Neuve, et pour l'*O. giganteus* sur les côtes du Chili. Aussi jouent-ils un rôle des plus importants dans la nourriture des grands animaux. En ouvrant les Cétacés ou les grands poissons de haute mer, on trouve presque constamment leurs débris ; on a pu s'assurer ainsi que plusieurs de leurs espèces nous demeurent encore inconnues. Quelques-uns, les Calmars surtout, peuvent atteindre une taille considérable ; beaucoup d'entre eux présentent une transparence absolue. Tous ces animaux se déplacent surtout au moyen du mouvement de recul que leur imprime la réaction de l'eau quand ils se contractent brusquement ; mais ils peuvent aussi nager à l'aide des bras céphaliques qui leur ont valu leur nom, et qui semblent formés par des prolongements latéraux de la partie moyenne du pied.

II

Un petit sac allongé, ouvert à l'un de ses bouts, et formé seulement de deux couches de cellules, séparées par une mince membrane ; voilà la forme la plus simple sous laquelle on puisse concevoir le *Cœlentéré*. Mais cette forme ne semble permanente que chez un seul type, la *Protohydra* (fig. 2, I). Ordinairement, il ne tarde pas à se montrer, sur la paroi extérieure du sac, des bras flexibles qui souvent se disposent en un cercle ; et parfois (*Tubularia*) en deux cercles concentriques, au centre desquels se trouve la bouche. C'est la forme commune des Polypes hydraires (fig. 2, II). Ces polypes peuvent en bourgeonner d'autres, qui se séparent bientôt du parent chez les hydres d'eau douce, mais le plus souvent demeurent en relation intime avec lui par des stolons semblables aux tiges rampantes d'un grand nombre de végétaux. Les êtres ainsi produits présentent assez souvent un polymorphisme remarquable, suivant qu'ils sont plus spécialement adaptés à telle ou telle fonction. L'ensemble arrive généralement à former des colonies

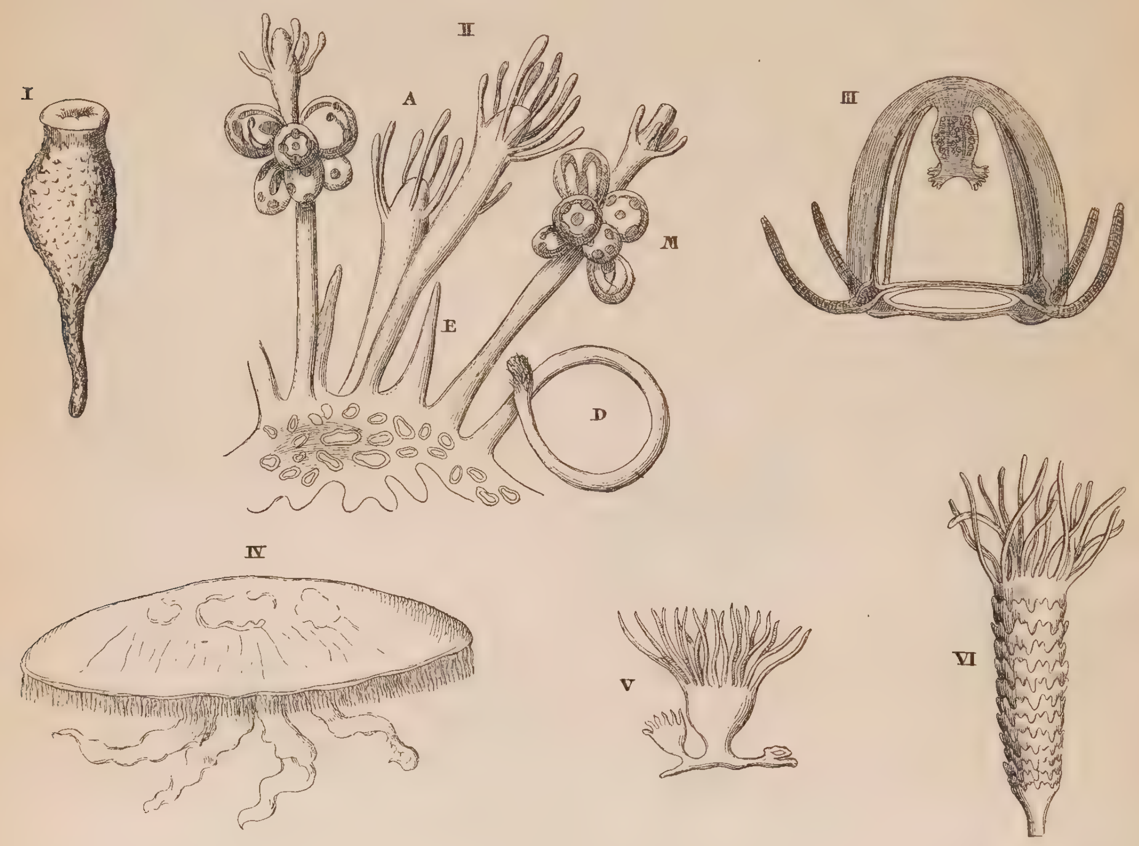


Fig. 2. — Cœlentérés.

I. — *Protohydra Leuckarti* (Greeff). — II Colonie de polypes hydraires : *Podocoryne carnea* (Sars) ; A, polypes ; D, polype sans bouche ni tentacules (Dactylozoïde) ; E, Dactylozoïdes transformés en épines ; M, bourgeons médusoïdes en voie de développement. — III. Méduse libre de la même espèce. — IV. *Aurelia aurita* (L.), méduse acalèphe. — V. Jeune scyphistome, avec deux stolons. — VI. Scyphistome se divisant (strobile).

ramifiées plus au moins touffues, et qui couvrent d'un velours vivant les algues, les coquilles ou la surface des rochers. Ce n'est point du reste par ce seul procédé que les Hydraires se multiplient. A certaines époques, des éléments sexuels apparaissent sur quelques uns des membres de la colonie; et les jeunes larves ciliées qu'ils produisent vont se fixer aux corps voisins, pour se transformer en polypes qui seront les fondateurs de colonies nouvelles. Mais, souvent, ce ne sont point les larves qui sont mises en liberté tout d'abord; les conceptacles où se sont développés, ou même où doivent se développer plus tard les éléments sexuels, quittent la colonie sous la forme d'une petite cloche contractile, munie d'un battant (*manubrium*) à l'extrémité duquel se trouve la bouche, et que l'on nomme une *Méduse*. Cette individualité nouvelle (fig. 2, III). est regardée par certains auteurs comme l'équivalent d'un seul polype (à forme de *Tubularia*); tandis que d'autres, et cette hypothèse explique beaucoup mieux ce que nous verrons chez les Siphonophores, la croient produite par la réunion d'un verticille de polypes autour d'un polype central.

Les Méduses nées de polypes hydraires, et dont les produits devront à leur tour passer par la même forme, ne dépassent généralement guère quelques millimètres; mais d'autres, qui leur ressemblent beaucoup, donnent naissance à des larves pouvant se transformer directement en méduses, et qui, dès lors affranchies de toute fixation, sont devenues des êtres entièrement pélagiques. Toutes les Trachyméduses sont dans ce cas.

Quant aux *Acalèphes*, ou grosses Méduses (fig. 2, IV), qui peuvent atteindre jusqu'à un pied et plus de diamètre, elles naissent en général de polypes fort différents (fig. 2, V), et qui, sans demeurer toujours solitaires, ne forment jamais des colonies semblables à celles des Hydroïdes. Ces polypes, dits Scyphistomes, à certaines époques s'allongent considérablement, puis se divisent en une série de segments, superposés comme une pile d'assiettes (fig. 2, VI). Chacun de ces segments, mis en liberté, grandit et se transforme en une Méduse, qui produira des larves devant passer à leur tour par la forme de Scyphistome. Le groupe des Acalèphes renferme du reste, comme celui des Hydroïdes, des êtres où la forme polype produit directement les larves; où par conséquent la phase Méduse n'existe pas : ce sont les Lucernaires, qui sont ainsi forcément exclues de la faune pélagique. Il en comprend aussi quelques autres où les larves nées de Méduses peuvent se transformer directement en Méduses sans passer par la forme de polype, comme on le voit par exemple chez les Pélagies. Ainsi que l'on pouvait s'y attendre, celles-ci sont franchement pélagiques; tandis que les deux tiers au moins des Discophores ne méritent guère ce nom, et fréquentent surtout la proximité des rivages. C'est là qu'elles peuvent former, à certaines époques, des troupes si nombreuses que les navires à vapeur mettent des heures à les traverser, si compactes que les canots à rames ont peine à s'y frayer une route. Il semble aussi que quelques espèces effectuent de véritables migrations; mais cela est dû sans doute, comme pour bien d'autres pélagiques, aux courants marins qui entraînent la masse des animaux produits dans une même région. Représentées dans toutes les mers, les Méduses forment un des groupes les plus abondants de la faune de surface; et, bien que quelques-unes de leurs espèces s'avancent fort loin dans le Nord, elles se rencontrent surtout dans les régions tropicales, qui renferment au moins 80 pour 100 des espèces connues de Cœlentérés.

Les *Coralliaires*, presque tous, produisent un squelette calcaire; ils ont cependant un de leurs groupes qui n'en sécrète jamais. Les Actinies qui, sans se fixer d'une manière définitive, rampent dans la vase ou sur les rochers, ont ainsi pu donner à la faune pélagique quelques espèces vivant en parasites sur des Méduses (*Philomedusa*), et d'autres où le disque pédieux, pouvant comme le pied de la Janthine enfermer de l'air dans le mucus qu'il sécrète, s'est transformé en appareil flotteur (fig. 2, I).

Les Acalèphes et les Coralliaires qui, dans deux directions différentes, semblent le terme actuel de toute une longue série de transformations, paraissent avoir perdu la plasticité que conservent les Hydroïdes. C'est encore de ces derniers que dérivent, sans nul doute, les formes si étonnamment variées des *Siphonophores*.

Le Siphonophore est, somme toute, une individualité de même ordre que la colonie d'hydraires. Mais comme il s'agit ici d'êtres toujours libres et flottants, le fondateur de la colonie ne saurait être un polype : c'est en effet une méduse. Déjà certaines Méduses hydroïdes montrent une grande tendance à bourgeonner, soit par la sous-ombrelle (*Syncoryne*), soit par le *manubrium* qui cependant ne s'allonge pas (*Lizzia*) ou bien au contraire présente une élongation remarquable (*Sarsia*). Les êtres ainsi produits sont, il est vrai, dans ces cas, également des méduses. Mais si l'on admet que la forme Méduse est une individualité de second ordre, formée par la réunion autour d'un polype central (*manubrium*) d'un verticille de polypes qui se sont soudés les uns aux autres comme les segments primitifs du périanthe d'une fleur gamopétale, on peut aisément concevoir que tantôt l'un, tantôt l'autre des individus primaires constituant cette individualité complexe, se développe indépendamment. Nous pourrons avoir ainsi, outre des

Méduses complètes, des Méduses dépourvues de *manubrium* (cloches natatoires); d'autres où, non seulement le manubrium, mais une partie de la cloche fait défaut (bractées, boucliers); et d'autres enfin où le manubrium, ou polype central, s'est développé seul, et constitue le polype astome ou muni d'une bouche (siphon) qui a valu leur nom aux Siphonophores.

Ces êtres bizarres se répartissent en deux groupes bien distincts. Dans l'un (Discoïdes) le manubrium de la Méduse primitive reste toujours court; et l'on voit se développer au sommet de la cloche un appareil flotteur, composé dans le cas le plus simple (*Discalia*) d'une chambre centrale, et de huit autres disposées en cercle autour d'elle et correspondant aux huit segments de la Méduse. Chez les autres discoïdes (Porpites et Vélelles) ce flotteur se complique par l'adjonction d'autres chambres, disposées concentriquement, et qui donnent à l'ensemble l'aspect que l'on voit sur la figure 2, III[1]. A ce grand développement du flotteur correspond une absence complète de tout organe de locomotion active; mais dans une dès familles (Vélellides) le transport passif est facilité par une crête membraneuse, sur laquelle peuvent agir les vents lorsque la colonie se tient à la surface des eaux.

Le deuxième groupe, qui embrasse tout le reste des Siphonophores, paraît, suivant Hæckel, dériver d'autres méduses, présentant une symétrie bilatérale au lieu de la symétrie radiaire, et chez lesquelles le manubrium peut subir une grande élongation. Il devient alors la *tige* creuse par laquelle demeurent en relation tous les êtres qu'il a bourgeonnés, et qui présentent toutes les variétés de formes dont nous parlions tout à l'heure. Ici, d'après les observations du savant d'Iéna, l'involution des téguments qui aboutit à la formation du flotteur ne se produit pas au sommet de la cloche de la Méduse primitive, mais au contraire latéralement. Jamais ce flotteur n'atteint le degré de complication que nous avons vu chez les Discoïdes; mais cependant il peut suffire au transport, soit qu'il garde un faible volume (Rhizophyses), soit qu'il subisse au contraire un développement considérable (Physalies)[1]. Dans ce cas, les cloches natatoires font également défaut; mais il peut se développer aussi une crête membraneuse (Physalies) qui joue le même rôle que chez les Vélelles. Ordinairement le *pneumatophore* est insuffisant à faire flotter la colonie. Il ne sert qu'à maintenir la tige dans la position la plus favorable au jeu des cloches natatoires qui se développent au-dessous de lui en séries longitudinales ou en verticilles plus ou moins nombreux (voy. fig. 3, II). On conçoit aisément que le nombre de ces organes locomoteurs soit en raison inverse de leur puissance; et que, lorsque leur efficacité est suffisante, le pneumatophore ne se développe plus. Le nombre des cloches varie en effet de plus de 600 (*Forskalia tholoides*) à 2 (*Dicymba diphyopsis*) chez les espèces qui gardent un pneumatophore. Dans celles où il avorte, les cloches sont toujours puissantes; aussi n'en voit-on jamais plus d'une dizaine (*Polyphyes*), ordinairement deux, et parfois même une seule (voy. fig. 3, I). Signalons encore, avant de quitter ce groupe, la disposition curieuse qui n'a encore été vue que chez le *Lychnagalma vesicularia*, où l'on trouve des flotteurs accessoires alignés en série sur les filaments pêcheurs, qu'ils soutiennent exactement comme les flotteurs du *Macrocystis* supportent la longue tige de cette algue.

Fig. 3. — SIPHONOPHORES.

I. *Monophyes princeps* (Hæckel). — II. *Nectalia loligo* (Hck.) : *pn*, pneumatophore; *cl*, cloches natatoires; *b*, boucliers; *p*, polypes; *f*, filament pêcheur. — III. Pneumatophore d'*Epibulia Ritteriana* (Hck.); *c*, cavité aérienne; *gl*, glande. — IV. — Pneumatophore de *Rhodalia miranda* (Hck); *m*, méduse transformée en pompe (Aurophore).

Quelles que soient les variétés de formes qu'ils présentent, tous les Cœlentérés dont nous venons de parler ont un organe natatoire absolument identique : une cloche contractile que la réaction de l'eau repousse dans la direction de son extrémité

[1] Voir la *Revue* du 30 juillet 1890, page 436.

[1] Voir la *Revue* du 30 juillet 1890, page 436 (fig. 2. II).

close. Deux types de ce groupe font seuls exception à la règle générale : un petit être fort curieux, le Tétraptère (fig. 4, I), dont j'ai contribué à faire connaître l'organisation, et qui nage à l'aide de quatre ailes membraneuses; et les *Cténophores*.

C'est sans doute aussi de Méduses hydroïdes à symétrie bilatérale, qu'ont dérivé ces derniers. Mais bien qu'une méduse cladonémide, la *Ctenaria ctenophora*, présente toute une réunion de caractères fort intéressants à cet égard, on n'est point encore parvenu à expliquer d'une manière satisfaisante comment, abandonnant le mode ordinaire de locomotion, ils ont acquis leur appareil natatoire si particulier. Tous ces animaux, exclusivement pélagiques et de formes très variées (voy. fig. 4), arrondis en manchons ou même en boule, aplatis en rubans ou découpés en lobes, peuvent nager fort rapidement à l'aide de huit rangées de palettes vibratiles, que l'on doit considérer comme des groupes de cils vibratiles soudés ensemble. La lumière, en se décomposant sur ces minces rames de cristal, produit d'admirables colorations, qui ont valu à l'un de ces êtres gracieux le nom de Ceste ou Ceinture de Vénus.

III

Les *Protozoaires* les plus importants à signaler sont les *Rhizopodes* dont nous parlerons tout à l'heure, des *Infusoires ciliés* appartenant surtout à la famille des Tintinnides (fig. 5, I); et, parmi les formes indécises entre le végétal et l'animal, les *Péridiniens*, (fig. 5, II), auxquels se rattache le groupe des *Cystoflagellés*. Celui-ci ne comprend jusqu'ici que deux types bien distincts; car les *Pyrocystis* recueillis par le *Challenger* ne sont à peu près sûrement que des formes enkystées. Le *Leptodiscus*, observé par Hertwig à Messine, et que je n'ai vu que deux fois à Alger, semble fort rare; ce qui n'est peut-être dû qu'à son extrême fragilité. Quant aux Noctiluques, on les rencontre dans toutes les mers; et, après en avoir fait diverses espèces, on tend aujourd'hui à les regarder toutes comme appartenant à une seule, la *N. miliaris* (fig. 5, III). De même que chez certaines espèces de Péridiniens proprement dits, leurs petites sphères transparentes, à peine d'un millimètre de diamètre, et d'une coloration absolument insensible quand on observe des animaux isolés, peuvent cependant, par leur énorme accumulation, teindre la mer en rouge brique sur des lieues entières d'étendue.

Ces amas prodigieux qui exhalent une forte odeur tout à fait spéciale, et qui sont encore regardés par la plupart des gens de mer de nos

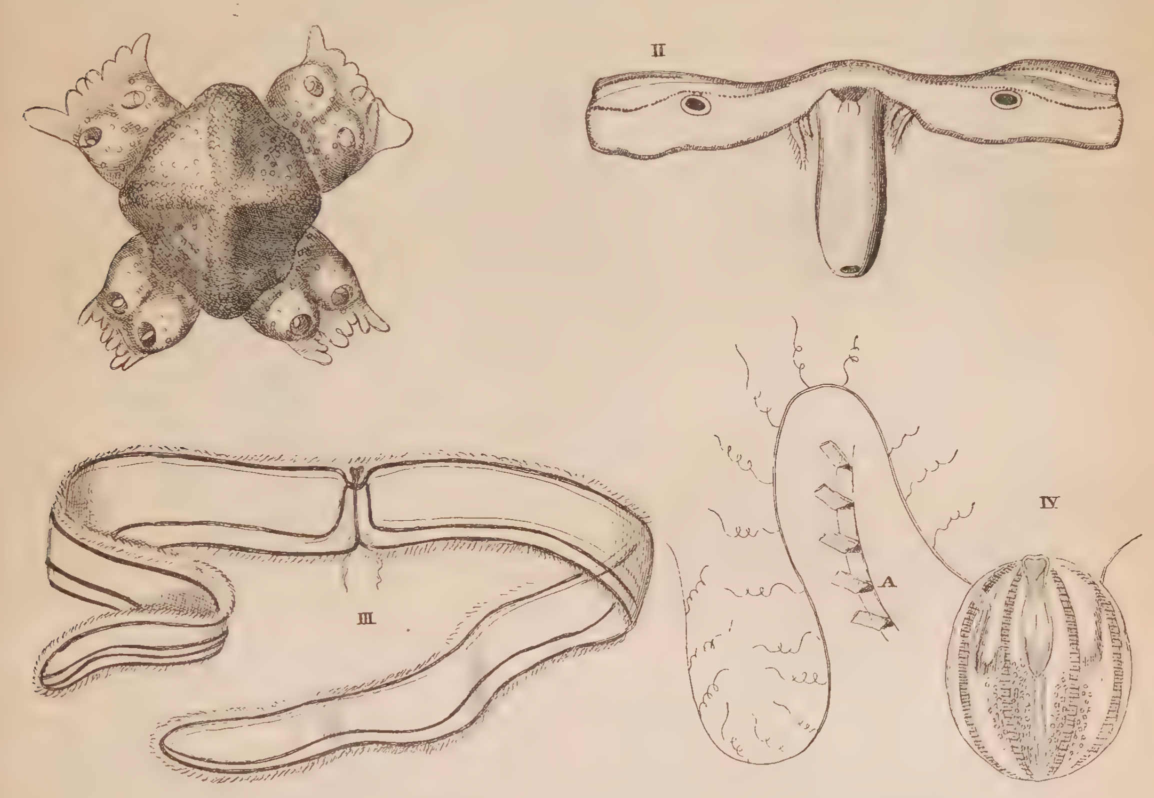


Fig. 4. — Cœlentérés pélagiques.

I. Tétraptère *Tetraplatia volitans* (Busch.), avec ses ailes déployées. — II, III, IV. Cténophores : II. *Ocyroe maculata* (Rang.); III. *Cestum Veneris* (Les). L'animal a été injecté en noir, mais il est en réalité d'une transparence absolue; IV. *Cydippe pileus* (Esch.). Un des tentacules a été coupé; A, dessin schématique montrant la disposition des palettes vibratiles.

côtes comme du frai de poisson, et surtout de sardine, sont une des principales causes du phénomène magnifique de la phosphorescence des mers.

Un très grand nombre d'autres pélagiques peuvent aussi contribuer à la produire, soit qu'ils émettent une lumière qui leur est propre, soit qu'ils brillent de lueurs empruntées. Mais je ne veux point m'attarder sur un sujet qui mérite d'être exposé en détail aux lecteurs de la *Revue*; car la luminosité des êtres marins est toujours à l'étude, et peut encore faire l'objet d'intéressantes recherches

Du reste si, grâce aux ressources de la technique moderne, on connaît assez bien l'organisation des Invertébrés dont nous avons fait une énumération aussi incomplète que rapide, il n'en est pas de même de leur histoire. Celle d'un grand nombre réserve sans doute encore des surprises au naturaliste favorisé par le sort. Ce n'est en effet que par une série d'heureux hasards, servis par une patience souvent admirable, que l'on est arrivé à connaître le développement complet de quelques-uns d'entre eux. Les observations sont impossibles à prolonger dans le milieu naturel où vivent ces animaux; et ceux que l'on essaie de tenir en captivité ne tardent généralement pas à mourir. C'est qu'il leur manque, presque toujours, leur nourriture ordinaire : c'est qu'il leur manque, plus encore, l'espace et la liberté. Prisonniers dans nos étroites cages de verre, ils viennent meurtrir leurs corps délicats en essayant de franchir ces murailles invisibles; et ne tardent pas à retomber sur le fond décolorés et flétris. Complètement adaptés à la vie en mer libre, le moindre choc leur est fatal. Aussi n'est-ce guère que par un temps calme, quand la mer se montre unie comme un miroir, ou que les grandes vagues paisibles ne se frangent pas d'écume blanche, qu'on les voit apparaître en grand nombre à la surface des eaux.

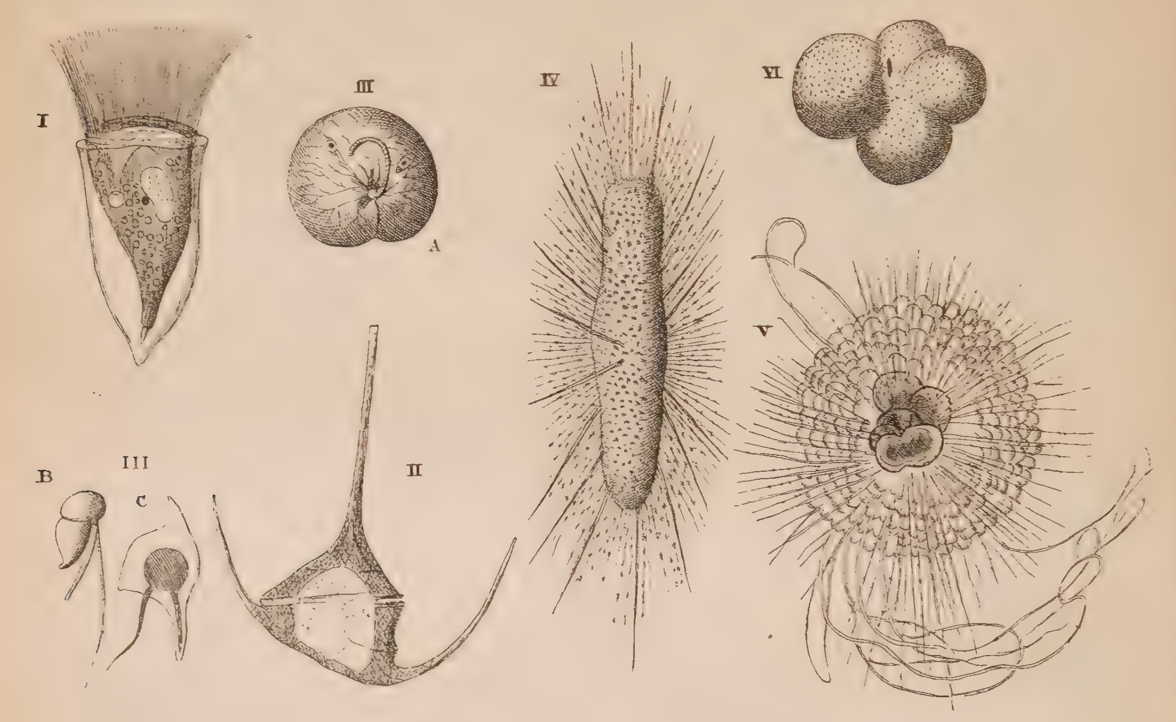


Fig. 5. — Protozoaires pélagiques.

I. Infusoire cilié : *Tintinnopsis beroidea* (Stein). — II. Péridinien : *Ceratium tripos* (Ehrbg). — III. *Noctiluca miliaris* (Sur); A, individu complet; B, zoospore; C, état de régénération. — IV. Radiolaire : *Spongurus cylindricus* (Hck) vivant, avec les pseudopodes étalés. — V, VI. Foraminifères : V. *Globigerina* (Hastigerina), *Murrayi* (W. Thoms), vivant, avec les pseudopodes étalés; VI. *Globigerina bulloides* (d'Orb). La coquille seule, vue par la base, et ne montrant que les quatre chambres les plus jeunes.

Leur vrai milieu, c'est la mer tranquille : beaucoup en ont la transparence et l'azur; de même que les animaux des rivages revêtent souvent la livrée des rochers ou des herbes marines au milieu desquelles ils passent leur existence, de même les habitants des prairies flottantes prennent fréquemment la couleur vert jaunâtre des Sargasses, et jusqu'aux taches blanches que forment sur elles les colonies des Membranipores.

Les courants de la mer font voyager sans cesse ces légions errantes, et presqu'absolument cosmopolites; la différence de climat est la seule barrière qui les arrête. Mais lorsque le vent commence à fouetter la crête des flots, la plupart des pélagiques ne tardent pas à disparaître. Il en est qui, surpris par les tempêtes, sont roulés de vague en vague, et finissent même par venir échouer sur les côtes; mais la plupart s'enfoncent et vont

gagner des couches d'eau plus paisibles. Ils agissent de même lorsqu'une pluie abondante vient modifier d'une façon passagère la salure de la surface, et par suite la densité de l'eau. Les Cœlentérés surtout, ou du moins la plupart d'entre eux, sont tellement sensibles à l'action de l'eau douce, qu'elle détermine la macération presque immédiate de leurs épithéliums, ou même les tue instantanément. Aussi la mer la plus peuplée de pélagiques paraît-elle bientôt déserte lorsque de fortes averses viennent à tomber. J'ai vérifié bien souvent cette remarque d'Agassiz.

Mais ce ne sont pas seulement ces causes, pour ainsi dire accidentelles, qui déterminent la descente des animaux pélagiques. S'il est un certain nombre d'entre eux qui semblent demeurer constamment à la surface, la plupart ne montent que pendant la nuit, et redescendent au lever du jour. La marche des saisons n'est pas non plus sans influence sur leurs mouvements; et la faune de surface se montre ordinairement, dans nos climats, plus pauvre en été qu'en hiver. Des observations recueillies par divers savants, et surtout par le professeur Chun, ont prouvé que beaucoup d'animaux qui se rencontrent à la surface lorsque les journées sont courtes, ne se retrouvent plus qu'à une certaine profondeur lorsque le soleil demeure longtemps au-dessus de l'horizon. Ces pêches ont aussi fait constater l'existence d'une faune pélagique profonde, paraissant très riche, et comprenant, outre des espèces qui semblent ne s'élever jamais au-dessus d'un certain niveau, la plupart des animaux qui se montrent à la surface, soit accidentellement, soit à des époques régulières. Quelles sont donc les causes déterminantes de ces changements de niveau, de ces véritables migrations en profondeur? Pour Chun, elles ne seraient autres que les variations de la température; l'ascension ou la descente seraient même directement déterminées par les changements de densité qu'elles produisent. Mais un travail tout récemment publié par Groom et Loeb semble démontrer, comme l'avait déjà supposé Fuchs pour la répartition bathymétrique des animaux marins, que l'on doit accorder à la lumière une influence prépondérante. D'après les expériences qu'ils ont faites à la station zoologique de Naples, sur les *nauplius*, c'est-à-dire les larves, du *Balanus perforatus*, et qui du reste confirment ce qui avait été déjà observé pour des spores d'algues (Strasbürger), ces larves montreraient un véritable héliotropisme, positif lorsqu'elles ont séjourné dans l'obscurité, négatif après un certain temps d'éclairage; et qui les ferait, en définitive, se diriger vers une faible lumière, et fuir au contraire une lumière trop intense. Comme, en mer libre, l'obscurité ne se trouve qu'en gagnant la profondeur, ces êtres, accordés en quelque sorte pour une intensité lumineuse déterminée, et assez faible, devraient s'enfoncer de plus en plus à mesure que la lumière devient plus vive à la surface, et remonter au contraire vers le déclin du jour. Si l'on admet que la montée et la descente s'exécutent avec la même vitesse, nous aurions aussi l'explication des migrations saisonnières; car il est évident que, si les jours deviennent plus longs que les nuits, les nauplius en question, et tous les animaux qui réagissent de même, s'enfonceront de plus en plus, les périodes de descente étant plus longues que celles de montée. Quand, au contraire, ce sont les nuits qui deviennent plus longues, ils n'ont plus le temps de gagner les profondeurs, et doivent se retrouver régulièrement à la surface de la mer. Cela expliquerait aussi la richesse plus constante des régions tropicales, où la longueur relative des jours et des nuits ne varie pas autant que dans nos climats [1].

Les flotteurs ne sont point, du reste, un obstacle au plongement; tout au moins chez les Siphonophores, où le pneumatophore demeure presque toujours bien ouvert. Alors même qu'il serait clos, la résorption des gaz pourrait sans doute s'effectuer, comme on le voit chez les Poissons à vessie natatoire close. Pour remonter à la surface, il doit falloir que les glandes qui garnissent le pneumatophore (fig. 3, V), isolent une nouvelle bulle de gaz, exactement comme les corps rouges de la vessie des Poissons ; mais ce n'est que dans un groupe singulier (Auronectides) qui paraît habiter les profondeurs, que l'on trouve une des cloches transformée en véritable pompe (*aurophore* d'Hæckel) (fig. 3, IV), refoulant dans le gros pneumatophore les gaz qu'elle produit, et pouvant sans doute les y puiser pour les rejeter au dehors. Peut-être le disque pédieux des Actinies pélagiques est-il aussi capable d'isoler des gaz; mais les observations manquent à cet égard. En tous cas, il semble bien, d'après ce que nous disions plus haut, que la Janthine soit incapable de plonger autrement que par un accident survenu à son flotteur; si elle quitte la surface, on ne conçoit guère comment elle y pourrait revenir.

---

[1] La répartition bathymétrique des animaux flottants, et l'amplitude de leurs excursions verticales sont des questions encore à l'étude, et même en quelque sorte à l'ordre du jour. On ne pense plus guère, avec Agassiz, qu'entre la faune pélagique et la faune des abîmes s'étende une masse d'eaux à peu près inhabitées; mais, pour élucider tous les points douteux, il faudrait faire usage de filets à fermeture hermétique, ne s'ouvrant qu'à une profondeur déterminée et se refermant avant d'avoir quitté ce niveau. Aucun des instruments employés jusqu'ici ne me paraît répondre complètement à cette double nécessité; je me permettrai de renvoyer le lecteur à l'article que j'ai publié sur ce sujet dans *la Nature* du 21 juin, en donnant la description du nouvel appareil que je propose.

Quant aux Noctiluques, leur descente est facile à constater, beaucoup moins à expliquer. On ne saurait évidemment l'attribuer à une natation active; et je ne vois guère à invoquer qu'une différence de densité. Je doute fort, il est vrai, qu'elle puisse être produite par une variation de température; et serais plutôt porté à admettre qu'en se contractant les Noctiluques expulsent, par leur bouche, une partie du cytoplasme le plus clair, dont la densité serait inférieure à celle de l'eau de mer. Accroissant ainsi leur poids spécifique, elles descendraient; et ne pourraient remonter ensuite qu'en reprenant une eau suffisamment débarrassée de ses sels pour ramener la densité de l'ensemble au-dessous de celle de l'eau de mer.

Après leur mort, la descente de la plupart des invertébrés pélagiques s'effectue, malgré la faible densité de leur corps, beaucoup plus rapidement qu'on ne serait tenté de le croire. Moseley a calculé qu'une Salpe ne devait mettre que quatre jours pour atteindre un fonds de 2000 brasses (3.250 mètres); et qu'elle pouvait y arriver ainsi bien avant que la putréfaction, retardée du reste par la salure de l'eau, s'oppose à ce qu'elle serve de nourriture à des animaux du fond. Des expériences analogues, portant sur de grosses Æquorées et sur des Béroés, m'ont donné le chiffre peu différent de quatre jours et demie pour 3.000 mètres. Si l'on se rappelle que, pour un grand nombre, le point de départ n'est pas la surface, mais comme nous le disions tout à l'heure, une profondeur parfois considérable, on voit qu'au début de ce travail je n'exagérais point l'importance de la faune pélagique au point de vue de l'alimentation des habitants des abîmes. Mais les myriades sans nombre des êtres flottants qui sécrètent un squelette ou calcaire ou siliceux sont encore bien plus importantes par le rôle qu'elles jouent dans la formation du sol sous-marin.

Nous avons déjà parlé des dépôts que peuvent former les enveloppes siliceuses des Diatomées, ou les coquilles calcaires des Ptéropodes. Les squelettes des Rhizopodes sont en masses encore plus considérables. Radiolaires et Foraminifères ne sont, presque tous les uns et les autres, que de microscopiques grumeaux de protoplasme, dont la surface s'étire en minces filaments. Chez les Radiolaires (fig. 5, IV), le corps protoplasmique sécrète un squelette treillissé de silice pure. C'est au contraire du carbonate de chaux que prennent à l'eau de l'océan les Foraminifères, qui s'en font une mince coque percée, pour le passage des pseudopodes, des innombrables trous auxquels est dû leur nom. Les espèces de ces animaux se comptent par milliers. La petitesse de leurs coquilles, des Globigérines par exemple (fig. 5, V), est parfois si grande que, dans un gramme de sable, d'Orbigny en a compté près de 8000; mais leur pullulation est telle, qu'ils sont au premier rang des bâtisseurs de mondes. Il est vrai que, d'après des observations faites à bord du *Challenger*, lorsque les animaux pélagiques meurent à la surface d'une mer trop profonde, le temps que leurs dépouilles mettent à gagner le fond suffit pour que les minces coques calcaires se redissolvent. Les coquilles des Ptéropodes ne se trouveraient pas au delà de 1.500 brasses, la vase à Globigérines au delà de 2.500. Mais, dans des eaux moins profondes, les vases à Ptéropodes, et surtout les boues à Globigérines, elles peuvent arriver à former de puissantes assises; et sur les bancs que les dépouilles de ces animalcules exhaussent à un niveau suffisant, viennent parfois, comme dans les parages de la Floride, se fixer des larves de madrépores, qui hâteront le travail de reconstruction des terres.

On a pu dire que toutes les roches calcaires, quelle que soit la puissance de leurs strates, n'ont pas une de leurs molécules qui n'ait passé par un organisme vivant. Cela paraît surtout vrai pour les énormes assises des terrains Crétacés, presque exclusivement formées de microscopiques dépouilles de Foraminifères. Quant aux Diatomées et aux Radiolaires, qui sans doute ne faisaient point défaut dans les mers de cette époque, leurs squelettes ne se retrouvent plus; mais l'on voit, entre les assises calcaires, des masses ou rognons de silice, dont on attribue l'origine à de l'eau qui s'en était surchargée en dissolvant les carapaces de ces petits êtres, et sans doute aussi les spicules des éponges siliceuses.

Ces silex de la craie eurent une importance capitale dans l'histoire de l'humanité. C'est d'eux surtout qu'à l'aurore de son évolution intellectuelle, l'homme s'est fait ses premières armes pour se défendre contre les animaux féroces. C'est d'eux encore qu'il tira les premiers outils, informes et rudes, qui lui permirent de s'en procurer de plus parfaits, et, dans la lente course des siècles, d'arriver à la puissance mécanique grandiose qu'il sait mettre en œuvre aujourd'hui. En songeant au rôle qu'ils ont joué dans la vie de nos ancêtres, on peut se demander ce que serait à l'heure présente la civilisation de l'Europe, si, dans les mers d'autrefois, n'avaient vécu des myriades d'êtres infimes, semblables à ceux qui flottent encore dans l'écume des vagues, et dont les dépouilles prennent part à la formation des continents futurs.

Camille Viguier
Directeur de la Station Zoologique à Alger.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Villié (E.), *ancien Ingénieur des Mines, Docteur ès Sciences, Doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.* — **Compositions d'Analyse, Mécanique et Astronomie** *données depuis 1885 à la Sorbonne pour la Licence ès sciences mathématiques, suivies d'exercices sur les variables imaginaires. Enoncés et solutions, seconde partie, 1 vol. in-8° Gauthier-Villars et fils, Paris,* 1890.

En 1885, M. Villié a publié un volume dans lequel étaient énoncées et résolues toutes les questions d'Analyse et de Mécanique données en composition à la Sorbonne, depuis 1869, pour les examens de la licence ès sciences mathématiques ; le succès de cet ouvrage a été tel que l'auteur s'est décidé à faire paraître un second volume contenant la solution de tous les problèmes posés à la Faculté des Sciences de Paris depuis 1885.

Il a développé spécialement, en Analyse, les chapitres relatifs aux variables imaginaires; en Mécanique, ceux qui traitent de la cinématique et de la dynamique des systèmes. L'ouvrage se termine par l'examen de divers exercices d'Astronomie.

Le nouveau livre de M. Villié présente les qualités de clarté et d'élégance qui ont été unanimement appréciées dans ses publications précédentes.

L. O.

Dwelshauvers-Dery (V.), *professeur à l'Université de Liège.* — **Sur le frottement dans les machines à vapeur.** *Revue universelle des mines et de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts, appliqués à l'industrie, 33e année, t. VIII, deuxième numéro, novembre* 1889, *paru en janvier* 1890. *Noblet, éditeur à Liège.*

La question du frottement dans les machines est l'une des plus importantes de la mécanique pratique; par son étude on peut, dans une certaine mesure, améliorer le rendement des moteurs; aussi le professeur Thurston, dans son magnifique laboratoire de l'Université Cornell à Ithaca (New-York), s'est-il proposé de reconnaître, par de nombreuses expériences, faites sur diverses machines, comment le frottement variait avec la charge et comment il était réparti entre les différentes pièces frottantes.

Ces belles expériences, ingénieusement combinées et longuement poursuivies, sont insérées dans tous leurs détails aux *Transactions de la Société des Ingénieurs Mécaniciens d'Amérique* (tome VIII et suivants); les résultats obtenus sont assez considérables pour que M. Dwelshauvers-Dery ait jugé utile de les faire connaître en les résumant.

Il signale que le frottement de la machine est constant et indépendant de la charge, qu'il représente une fraction du travail total développé en pleine charge, fraction qui varie d'une machine à l'autre; il montre que cette fraction égale à 0,12 pour une machine Straight-Line à tiroir non équilibré, tombe à 0,09 avec le tiroir équilibré et est comprise entre 0,135 et 0,175 pour les Compound; il en conclut que le coefficient de frottement des surfaces en contact décroît lorsque la charge de la machine et la pression des pièces frottantes deviennent plus fortes.

Il examine ensuite la grandeur relative de chaque frottement; celui des tourillons de l'arbre principal est de beaucoup le plus considérable, il atteint quelquefois la moitié du frottement total. Le frottement du tiroir vient après, lorsque ce tiroir n'est pas équilibré, puis le frottement du piston et de sa tige, puis enfin les autres frottements qui sont de beaucoup moindre importance. La conclusion pratique de ces recherches c'est qu'il est possible, en prenant certaines précautions, de récupérer sur les frottements 5 % au moins du travail développé sur le piston.

Enfin M. Thurston a fait toute une série d'expériences pour déterminer l'influence du degré d'admission, de la pression et de la vitesse; il a reconnu que le frottement augmente lentement avec le degré d'admission; qu'il croît avec la pression quand elle est basse, mais en devient indépendant si elle s'approche de la valeur normale; qu'il varie proportionnellement à la vitesse dans les machines à vide; qu'il est un peu plus grand en charge qu'à vide; que jusqu'à 500 tours il augmente assez lentement avec la vitesse pour les machines en charge et enfin, qu'à partir de là jusqu'à 625 tours, limite des expériences, il croît plus rapidement et d'une façon sensiblement proportionnelle à la vitesse.

Ces expériences de M. Thurston que seul, peut-être, en raison de l'installation dont il dispose, il était capable de mener à bonne fin, présentent un haut intérêt pratique et M. Dwelshauvers a rendu un véritable service à la mécanique en contribuant à faire connaître leurs résultats. Nous croyons toutefois devoir faire observer que certains de ces résultats sont bien inattendus, que l'étude du frottement dans les machines est hérissée de difficultés, que les différences d'interprétation peuvent se produire aisément sur un tel sujet et nous demandons, malgré l'autorité considérable de M. Thurston, à faire de prudentes réserves avant d'accepter définitivement ses conclusions.

H. Léauté,
de l'Académie des Sciences.

2° Sciences physiques.

Couette (Maurice). — **Etude sur le frottement des liquides.** — *Thèse de doctorat présentée a la Faculté des Sciences de Paris* 1890.

Le mémoire de M. Couette renferme la description détaillée et la discussion complète de ses très intéressantes expériences sur la viscosité des liquides dont nous avons déjà entretenu les lecteurs de la *Revue* (1).

L'auteur traite d'abord complètement le problème de la rotation d'un liquide visqueux entre deux cylindres concentriques supposés indéfinis, l'un étant immobile, l'autre animé d'une vitesse constante; pour déduire de l'expérience le coefficient de frottement, il faut mesurer le moment du frottement par rapport à l'axe de rotation. M. Couette prend comme paroi fixe un cylindre auquel il laisse une certaine mobilité autour de l'axe et qu'il maintient en repos en équilibrant le frottement du liquide par la torsion d'un fil ou par des poids attachés à un système de poulies; afin de pouvoir considérer la surface comme découpée dans un cylindre indéfini, on la prolonge par des cylindres de garde et l'on donne au cylindre tournant une hauteur supérieure à la hauteur totale des cylindres fixes. Grâce à de nombreuses précautions, cet appareil conduit à d'excellents résultats, pourvu toutefois qu'on détermine sa constante par une expérience sur un fluide dont le coefficient soit connu; les difficultés de centrage rendent difficiles les mesures absolues. L'auteur démontre cependant que le frottement est minimum quand le centrage est parfait : cette remarque permettrait d'obtenir des valeurs absolues correctes.

La méthode de Poiseuille est la plus simple de toutes;

(1) V. N° 3, p. 79; nous prions le lecteur de vouloir bien se reporter à cet article pour l'explication de la théorie.

M. Couette démontre qu'elle peut devenir la plus exacte; il faut avoir grand soin de tenir compte de l'influence des extrémités du tube d'écoulement; l'analyse rend compte de cette influence; pour l'éliminer, on peut employer des procédés différents qui sont indiqués dans le mémoire. L'un, en particulier, qui s'explique dans tous les cas, rappelle l'artifice imaginé par Wertheim dans ses recherches classiques sur les tuyaux sonores : on produit un écoulement simultané et donnant le même débit dans deux tubes de même rayon, embouchés de la même manière et de longueurs différentes.

Les deux méthodes ont conduit l'auteur à des résultats identiques; elles lui ont permis de confirmer un fait signalé déjà par Darcy : le mouvement des liquides présente deux régimes différents; le premier, conforme aux intégrales les plus simples des équations de Navier, se produit seul pour les vitesses les plus faibles; le second, non conforme à ces intégrales, se produit également seul, mais pour les vitesses les plus grandes; tandis que pour les vitesses intermédiaires les deux régimes se présentent alternativement. Il résulte des expériences que la vitesse critique varie avec la nature du liquide et est sensiblement en raison inverse des diamètres des tubes.

Quelle que soit la nature du tube par lequel se fait l'écoulement, toutes choses restant égales d'ailleurs, on trouve que le temps d'écoulement est le même; on doit conclure de là une conséquence très importante : les liquides, même ceux qui ne mouillent pas, adhèrent sans glissement à la surface des solides; mais on doit observer que dans le second régime la vitesse varie très rapidement au voisinage de la paroi.

En terminant son remarquable mémoire, M. Couette discute la méthode de Coulomb; il établit qu'elle est mauvaise pour les liquides de faible viscosité, et que, dans les cas où l'on peut s'en servir, il convient d'employer, pour éliminer l'influence pertubatrice des parties accessoires de l'appareil, une méthode particulière de calcul.

Lucien Poincaré.

Renard (A.), *Docteur ès Sciences, Professeur de Chimie appliquée à l'Ecole supérieure des Sciences de Rouen.* — **Traité de chimie appliquée à l'industrie.** *Un vol. grand in-8° avec 225 figures dans le texte*, 846 *pages. Baudry et Cie, éditeurs, Paris*, 1890.

Les traités de chimie industrielle ne manquent pas, et chacune des grandes questions de technologie chimique possède sa monographie complète dans laquelle les spécialistes puisent selon leurs besoins.

Les traités de chimie élémentaire dans lesquels les questions industrielles se trouvent à peine effleurées sont plus nombreux encore et nous ne voyons que trop souvent se perpétuer à travers les volumes ces figures d'un autre âge représentant des appareils depuis longtemps abandonnés, complétant la description de procédés également hors d'usage.

M. A. Renard a très judicieusement pensé qu'entre les premiers, qui ne sont utiles qu'au petit nombre et les seconds, auxquels se trouvent réduits la plupart des lecteurs, il y avait place pour un livre intermédiaire procédant des uns pour la quantité et des autres pour la qualité et il présente aujourd'hui aux chimistes et aux élèves des écoles industrielles et de l'enseignement spécial un ouvrage qui sera très certainement apprécié.

Après une courte introduction dans laquelle sont résumées très brièvement les premières définitions et les lois qui régissent les combinaisons chimiques, ainsi que les notions indispensables sur la notation et la nomenclature, l'auteur aborde l'étude des métalloïdes et leurs composés classés par ordre d'atomicité. Laissant de côté les questions d'historique, les faits relatifs aux points d'ordre purement scientifique tels que l'établissement des formules et les propriété utiles pour la classification, mais n'ayant pas encore reçues d'application, il insiste surtout sur les modes de préparation qui permettent d'obtenir ces corps facilement et en grande quantité.

Les métaux et leurs dérivés sont traités d'une manière analogue avec des données métallurgiques concises, mais suffisantes. Signalons, en passant, la fabrication des sels de soude, de l'aluminium, les derniers perfectionnements apportés à la fabrication du chlore où, sans entrer dans les détails, l'auteur a su donner une idée juste des procédés les plus récents appliqués dans l'industrie. Ces développements comprennent 400 pages environ.

La seconde partie de l'ouvrage est consacrée à la chimie organique. La partie théorique prend nécessairement ici une importance plus grande que dans les précédents chapitres; l'auteur a su condenser très clairement en une cinquantaine de pages les définitions relatives aux fonctions chimiques. On y trouve des exemples suffisamment nombreux et bien choisis des principaux modes de formation de ces fonctions ainsi que leurs plus importantes propriétés et il devient facile, en parcourant cette portion du livre, de conserver toujours présentes à l'esprit ces définitions des principaux groupes qui sont véritablement les clefs de la chimie organique moderne.

Les chapitres les plus intéressants de cette seconde partie sont ceux relatifs aux carbures saturés, aux pétroles et à leur industrie, aux alcools, aux sucres, corps gras et savons.

L'ouvrage se termine par l'étude de la série aromatique dans laquelle il est donné surtout des notions importantes sur les matières colorantes qui se rattachent à cette immense série, devenue aujourd'hui une chimie dans la chimie.

Après cela, il est resté à l'auteur une trentaine de pages pour résumer les séries du furfurane, du thiophène, du pyrrol, la série pyridique, les alcaloïdes et les matières albuminoïdes.

Les figures tout à fait schématiques et très claires sont de véritables figures de démonstration dessinées le plus souvent en coupe. Elles sont pour la plupart nouvelles et cadrent bien avec le texte.

Nous croyons que ce livre convient non seulement aux élèves de l'Enseignement spécial et des Ecoles industrielles, mais encore aux industriels qui désirent se tenir au courant des questions modernes et avoir d'une manière claire et précise un bon résumé de l'état actuel de la chimie appliquée; il vient honorablement se placer à côté du *Traité des matières colorantes* et du livre *Sur les corps gras* qu'on doit au même auteur.

A. Verneuil.

3° Sciences naturelles.

Welsch (Jules). — **Les terrains secondaires des environs de Tiaret et de Frendà** (Département d'Oran, Algérie.) *Thèse de Doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris*, 1890.

La thèse que M. Jules Welsch vient de présenter à la Faculté des Sciences de Paris, a pour sujet l'étude géologique d'une région de l'Algérie fort peu connue et sur laquelle nous ne possédions jusqu'ici que des renseignements vagues ou même erronés en partie. C'est une région qui s'étend sur la limite du Tell et des hauts plateaux de la province d'Oran, au voisinage immédiat de celle d'Alger.

Les formations qui en composent le sol appartiennent à la période secondaire. Les terrains tertiaires n'y occupent qu'une surface très restreinte et le terrain quaternaire ne s'y montre que dans le fond des vallées et à la surface de quelques plateaux.

Parmi les terrains secondaires, ce sont le Jurassique supérieur et le Crétacé moyen et supérieur qui sont surtout développés.

En outre de quelques masses rocheuses, encore mal déterminées, qui semblent représenter l'étage bathonien, le terrain jurassique comprend deux séries d'assises très distinctes: 1° A la base, des marnes verdâtres, remplacées, sur quelques points, par des calcaires rouges ammonitifères. Ces assises appartiennent à l'étage oxfordien; M. Welsch y a reconnu l'équivalent des zones à *Ammonites transversarius*, à *A. bimammatus* et à *A. tenuilobatus* d'Europe; 2° au-dessus des assises précédentes, une masse puissante de bancs dolomitiques qui renferment une partie de la faune de l'Astartien de La Rochelle.

Parmi ces horizons, quelques-uns avaient déjà été reconnus en Algérie, notamment par nous-même dans le Djebel-Ben-Ammade à l'est de Tiaret et par MM. Brossard et Le Mesle dans le Djebel Bou-Thaleb; mais les faunes des zones à *Ammonites bimmammatus* et *A. tenuilobatus*, n'avaient pas encore été signalées dans le Nord de l'Afrique.

Les terrains crétacés de Tiaret constituent, comme ceux de l'époque jurassique, deux séries distinctes qui, même, sont entre elles en discordance marquée.

La première comprend une succession de couches grèseuses, calcaires et marneuses,dans lesquelles l'auteur retrouve les étages albien et cénomanien constitués tels que nous les avons observés en Algérie, dans les environs de Bou-Saada, et tels que M. Choffat les a observés en Portugal.

La deuxième série, transgressive à la première, est composée des épaisses assises calcaréo-marneuses de la craie supérieure et plus particulièrement de celles qui constituent le Sénonien inférieur, ou étage Santonien de notre nomenclature algérienne.

C'est la première fois que les étages albien et sénonien sont signalés dans les Hauts-Plateaux oranais; l'étage cénomanien seul y avait été indiqué par M. Pomel près de Tiaret.

Un autre fait intéressant signalé par M. Welsch, c'est la transgression générale des terrains crétacés sur les couches plus anciennes, en allant de l'Est à l'Ouest.

De nombreuses coupes, relevées avec soin, montrent la succession des faunes et la disposition des strates sur les points les plus intéressants de la région. Les relations entre la nature géologique et lithologique de la contrée et sa structure orographique sont clairement établies ainsi que les conséquences des divers accidents géologiques, plissements, failles, dénudations, etc., que l'auteur a observés. Enfin une carte géologique, embrassant tous les environs de Tiaret et de Frenda, complète heureusement le travail de M. Welsch, en montrant l'extension et la répartition géographique de chacune des formations.

En résumé, le mémoire que nous analysons a fait faire un notable progrès à nos connaissances géologiques sur notre colonie algérienne. Les faits énoncés y sont clairement démontrés, soit par la disposition stratigraphique des assises, soit avec l'aide de la paléontologie. Tous ces faits concordent bien d'ailleurs avec ceux déjà observés sur d'autres points de cette vaste région des Hauts-Plateaux. Il n'y a guère qu'en ce qui concerne la constitution de l'étage turonien, que nous sommes obligé d'apporter quelques réserves aux conclusions de M. Welsch. Cette division nous semble avoir été un peu trop amplifiée par le bas, aux dépens du Cénomanien et par le haut aux dépens du Santonien.

A. Péron.

Gaudry (Albert), de l'Institut. — **Darboux**, de l'Institut, doyen de la Faculté des Sciences de Paris. — **Tannery**, Sous-Directeur de l'Ecole normale supérieure. — **Bertrand** (Marcel), Président de la Société géologique de France. — **Bergeron**, Docteur ès sciences. — *Discours prononcés aux funérailles de* M. **Edmond Hébert**, Membre de l'Institut, doyen de la Faculté des sciences de Paris, commandeur de la Légion d'honneur, le 8 avril 1890, au cimetière Montparnasse.

Fouqué de l'Institut. — **Munier-Chalmas**, Sous-Directeur du Laboratoire de recherches à l'Ecole pratique des Hautes études. — **Vélain** (Ch.), maître de Conférences de Géologie à la Sorbonne, chargé de Cours de Géographie physique. — *Discours prononcés à l'inauguration du Médaillon déposé sur la tombe de* M. **Edmond Hébert**, membre de l'Institut, doyen honoraire de la Faculté des sciences de Paris, commandeur de la Légion d'honneur, le 4 juin 1890. — Imprimerie Delalain. Paris, 1890.

Richet (Ch.), *Professeur à la Faculté de Médecine.* — **De l'influence du chloral sur les combustions respiratoires chez le chien.** *Archiv. de physiologie, avril* 1890.

Ce mémoire fait suite aux recherches, déjà publiées, de l'auteur sur la fonction respiratoire. Dans un précédent travail, M. Richet s'était attaché à démontrer l'influence prépondérante qu'exerce la surface tégumentaire sur les échanges respiratoires; il revient sur ce sujet si important en physiologie, mais pour montrer cette fois qu'il s'agit là d'un phénomène de régulation, placé sous la dépendance des centres bulbo-encéphaliques.

Chez les chiens profondément chloralisés, chez lesquels par conséquent les centres supérieurs ont perdu leur activité, ce rapport entre la surface et l'intensité des combustions respiratoires est supprimé; la lutte contre le refroidissement a cessé et l'animal ne respire plus que pour fournir à ses tissus la quantité d'oxygène minima qui leur est nécessaire; dans ces conditions le poids seul de l'animal doit intervenir dans le chiffre des combustions; c'est en effet ce que montrent les chiffres obtenus. Tandis que sur des chiens normaux l'écart dans les combustions d'acide carbonique par kilogramme et par heure varie, pour des animaux de 25 kilogrammes et ceux de 4 kilogrammes, de 0 gr,925 à 1 gr,750, chez les mêmes chiens chloralisés les chiffres extrêmes sont respectivement 0,550 et 0,609.

L'étude de la fonction respiratoire, envisagée sous ces divers points de vue, comme le fait M. Richet dans ses mémoires successifs, devient de plus en plus intéressante en permettant de dissocier, pour ainsi dire, les facteurs si divers qui influent sur les variations des fonctions organiques en général.

L. O.

4° Sciences médicales.

Cabadé (Dr). — **Leçons sur les maladies microbiennes,** *professées à l'Ecole de médecine de Toulouse, in-8° de 642 p, Paris, G. Masson,* 1890

M. Cabadé a réuni en trente leçons les notions fondamentales que l'on possède actuellement sur la morphologie et la biologie générale des microbes pathogènes ainsi que sur leur rôle dans les maladies infectieuses. Après avoir résumé en quelques leçons les propriétés physico-chimiques et vitales des microorganismes, ainsi que l'action qu'exercent sur eux les différents milieux, l'auteur consacre un intéressant chapitre à la théorie des vaccinations, de l'immunité et de l'hérédité. Puis il passe en revue les principales maladies microbiennes de l'homme. Cette étude comprend non seulement les affections qui relèvent de microbes bien définis et connus, mais aussi celles dont la nature bactérienne n'est pas encore démontrée expérimentalement comme la syphilis, les fièvres éruptives, la coqueluche, etc... Le livre de M. Cabadé expose, dans un style élégant et plein de clarté, l'état actuel de nos connaissances en bactériologie et contribuera avec succès à vulgariser ces notions qui ont pris une importance si grande dans la médecine moderne.

Dr R. Wurtz.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

La Société française de Physique, la Société chimique de Paris, la Société royale de Londres, les Sociétés de Physique et de Chimie de Londres, la Société de Physique de Berlin, l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, l'Académie royale des Lincei sont en vacances.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 21 juillet 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **Boussinesq** fait hommage à l'Académie du tome second et dernier de son Cours d'Analyse infinétisimale. — M. **R. Lipschitz** : Sur la combinaison des observations. — M. **Kozloff** décrit un *diagrammomètre ;* auxiliaire mécanique pour les études des courbes. — M. **Coggia** a découvert une comète à l'observatoire de Marseille. — M. **Ch. V. Zenger**, en faisant éclater des charges électriques sur des plaques de verre ou des sphères métalliques recouvertes de noir de fumée, a obtenu des figures semblables à celles qu'on observe à la surface du soleil.

2° Sciences physiques. — M. **Van der Mensbrugghe**, avait antérieurement donné la formule de la tension superficielle de la couche de contact entre deux liquides non miscibles ; de cette formule on peut déduire que si l'affinité réciproque des deux liquides est nulle ou faible, cette force tendra à diminuer la surface de contact ; si l'affinité est assez forte, l'effet sera inverse et tendra à augmenter la courbure du ménisque. L'auteur rapporte quelques expériences pour démontrer ce dernier fait. — M. **Bernard Brunhes** indique le dispositif qu'il a employé pour étudier la réflexion cristalline interne et l'influence du milieu contre lequel se fait cette réflexion. — M. **F. Beaulard** a étudié la double réfraction elliptique du quartz, suivant l'axe optique, lorsqu'on associe au pouvoir rotatoire naturel la double réfraction que produit une compression exercée normalement à l'axe optique, les résultats expérimentaux, comparés à ceux que donne la théorie de M. Gouy, ont vérifié cette théorie. — M. **Th. Moureaux** signale une anomalie magnétique, qui affecte tous les éléments magnétiques dans le nord de la France et à Paris même ; les choses se passent comme si le pôle nord de l'aiguille était attiré de part et d'autre vers une ligne presque droite dirigée de Fécamp à Châteauneuf-sur-Loire. — M. **Berthelot** a étudié la chaleur de formation de divers sels d'aniline, les uns stables, tels que le sulfate, l'azotate, et le chlorure ; les autres instables, tels que l'acétate et le benzoate. La comparaison des quantités de chaleur dégagées par ces combinaisons, entre elles et avec les sels de soude et d'ammoniaque contenant les mêmes acides, confirme la proposition de l'auteur, à savoir que l'inégalité entre les chaleurs de formation des sels d'une base forte et d'une base faible s'exagère quand on passe des sels à acide fort aux sels à acide faible. C'est dans ces faits qu'il faut chercher l'explication de la stabilité relative des sels. — MM. **Berthelot** et **Fogh** ont constaté que la formation des anilides dégage plus de chaleur que celle des amides correspondants. — M. **L. Ouvrard** : Recherches sur les phosphates doubles de titane, d'étain et de cuivre. — MM. **Ph. Barbier** et **L. Roux** ont continué leurs recherches sur la dispersion dans les composés organiques, par les éthers-oxydes. Conformément à l'équation qui représente la formation d'un éther-oxyde, son pouvoir dispersif spécifique moléculaire s'obtient en retranchant le pouvoir dispersif de l'eau de la somme des pouvoirs dispersifs des deux alcools générateurs. — M. **Villard** a obtenu cristallisés, par le froid sous pression, les hydrates des fluorures d'éthyle et de métyle, du chlorure d'éthyle et de l'iodure de méthyle. — M. **L. Boutroux** en oxydant du glucose ou de l'acide gluconique au moyen d'une bactérie, a obtenu un acide réducteur, l'acide *oxygluconique*, qui ressemble à l'acide donné par M. Fischer comme l'acide glucuronique. — M. **Ed. Mohler** a étudié la valeur pratique des divers réactifs pour déceler les impuretés de l'alcool. — M. **E. Boyer** indique que l'acide benzoïque, ajouté aux sucres, facilite l'incinération de ceux-ci en vue de la détermination des matières minérales qu'ils renferment. — M. **Ad. Carnot** donne la composition des eaux des sources minérales de Cransac (Aveyron). — M. **J.-J. Landerer** a étudié l'angle de polarisation de diverses roches ignées, considérées dans leur complexité ; il compte appliquer les données ainsi obtenues à l'étude de la surface de la Lune.

Sciences naturelles. — M. **Chr. Bohr** signale plusieurs combinaisons dissociables de l'oxygène avec l'hémoglobine, distinctes de l'oxyhémoglobine classique. — M. **A. Chauveau** avait indiqué que la loi des dégagements de chaleur du muscle qui travaille est la même à l'état statique et à l'état dynamique ; en réalité, il y a un léger excès pour ce dernier état, et cet excès s'accroît avec la fréquence des contractions ; l'auteur rapporte cet excès au travail des plaques motrices. — MM. **P. Fischer** et **E. L. Bouvier** ont étudié le mécanisme de la respiration chez les *Ampullaridés*, gastéropodes munis à la fois d'un poumon et d'une branchie. — M. **Moynier de Villepoix** a analysé la façon dont le test de l'Anodonte se reconstitue, lorsqu'il a subi des pertes de substances. — M. **R. Dubois** a constaté plusieurs analogies entre la façon dont se concrète la substance séricigène du *Bombyx Mori* et la coagulation du sang. — M. **A. Laboulbène** indique que l'on peut faire réapparaître les Cysticerques affaissés dans une viande desséchée, en arrosant celle-ci d'eau acidulée. — M. **G. Ville** insiste sur la sensibilité avec laquelle les plantes apprécient et traduisent par l'état de leur végétation les plus minimes différences de composition chimique de leur milieu. La levure de bière est particulièrement remarquable à ce point de vue. — MM. **Prillieux** et **G. Delacroix** décrivent sous le nom de gangrène de la tige de la Pomme de terre, une maladie qui frappe aussi le Pélargonium, et qui est produite par un bacille, le *B. caulivorus*. — M. **R. Botey**, possibilité des injections trachéales chez l'homme, comme voie d'introduction des médicaments. M. **Guéniot** : réclamation de priorité au sujet de la crâniectomie.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 29 juillet 1890.

M. **Vaslin** (de Nantes) : Sur l'application de la trépanation dans les accidents éloignés consécutifs aux lésions traumatiques du crâne. — M. **Semmola** (de Naples) : Contribution expérimentale à la pathogénie de l'albuminurie et de la néphrite brightiques. — M. **Hayem**, à propos de la communication précédente, fait des réserves sur l'ensemble des faits énoncés et particulièrement sur les altérations de l'albumine du sang. — M. **G. Sée** continue l'exposition d'un impor-

tant mémoire sur les usages du *Cannabis indica* dans le traitement des névroses et des dyspepsies gastriques. —M. **Dujardin-Beaumetz** s'associe aux concluslons de M. G. Sée et fait des réserves pour ce qui a trait à la pathogénie des dyspepsies. — M. **Hayem** a analysé le suc gastrique de 160 dyspeptiques et il résulte de ces observations que la dyspepsie nerveuse sans trouble concomitant dans le chimisme stomacal n'existe pas.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 26 *juillet* 1890.

M. **Auscher**, dans un cas de maladie de Friedreich bien caractérisé, a trouvé une altération des nerfs périphériques sensitifs, consistant dans l'absence de la myéline; ce fait confirme l'hypothèse que cette maladie est un arrêt de développement du système nerveux. — M. **Féré** a constaté que l'attention modifie la courbe de la contraction musculaire volontaire; elle rend l'ascension plus brusque. — M. **Netter** présente une statistique des diverses manifestations morbides provoquées par le pneumocoque. — M. **Guignard** a recherché de quelle façon se répartissent, dans les tissus des Crucifères, la myrosine et le myronate de potasse, dont la réaction réciproque donne naissance au sulfocyanure d'allyle; la myrosine occupe quelques cellules différenciées; le myronate est diffus dans le parenchyme. — MM. **Pouchet** et **Chave** signalent un Ténia parasite du Cachalot, caractérisé par la présence des lignes rouges sur ses anneaux médians — M. **Boucheron** décrit plusieurs nerfs nouveaux de l'œil. — M. **Chabry** propose une expression mathématique nouvelle, du travail du cœur. — M. **Charrin** signale cinq cas de maladie pyocyanique chez l'enfant, observés par MM. Ehlers et Neumann. — M. **Brissaud** a observé sur les nerfs périphériques de plusieurs sujets, les altérations décrites généralement comme une dégénérescence; aucun trouble de la sensibilité n'avait révélé ces lésions pendant la vie. M. Brissaud conteste toute signification physiologique à ces prétendues névrites.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 17 *juillet* 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Gegenbauer** : Quelques propositions sur les déterminants d'un ordre élevé.

2° Sciences physiques. — M. **J. Unterweger** : Sur les taches solaires de courte période et leur relation avec quelques phénomènes périodiques terrestres. L'auteur est conduit à supposer qu'il existe des taches de courte période, l'aspect en est très irrégulier et rendu plus compliqué encore par suite de la rotation du Soleil. Il semble probable que l'on doit distinguer au moins trois périodes simultanées, dont la superposition seule est observée. D'après diverses observations sur les orages, les constantes magnétiques terrestres et les apparitions d'aurore boréale, on peut conclure que ces phénomènes terrestres se rattachent aussi bien aux périodes des taches qu'étudie M. Unterweger, qu'aux taches de longue période précédemment étudiées. — M. **I. Klemencie** étudie les ondulations de Hertz à l'aide d'une pile thermoélectrique, soudée entre les extrémités du circuit secondaire, en employant deux circuits dont l'un sert d'étalon, tandis que l'autre est déplacé dans le champ, on mesure la distribution de l'énergie le long d'un axe perpendiculaire, et le long d'un axe parallèle à l'excitateur. — M. **Lippick** : Sur la théorie des saccharimètres à pénombre. — M. **Svante Arrhénius** étudie les variations de la conductibilité électrique de la flamme d'un bec de Bunsen causées par l'introduction de vapeurs salines. Le courant qui traverse la flamme n'obéit qu'à la loi de Ohm pour de faibles forces électromotrices; au contraire, lorsque la force électromotrice atteint une certaine valeur, la loi semble devenir exacte. La conductibilité spécifique est alors proportionnelle à la racine carrée de la concentration, et pour de grandes dilutions, indépendantes de l'élément électronégatif du sel introduit. La conductibilité des vapeurs alcalines croît avec le poids atomique du métal, les sels ammoniacaux et ceux des métaux lourds ne sont pas conducteurs. Si l'on introduit dans la flamme deux électrodes, une à platine, l'autre en fer ou en nikel, il se produit entre elles une différence de potentiel qui produirait un courant allant dans la flamme, du fer au platine. — M. **Mathias Cantor** : Sur la chimie des accumulateurs. La partie la plus importante de ce travail est consacrée à l'étude du *processus* de la charge des électrodes. On a, à cet effet, utilisé des électrodes en platine, inattaquables, comme secondes électrodes. En observant les dégagements gazeux et les variations de concentration déterminées par des titrages, on remarque que dans la charge de la plaque négative, l'hydrogène se dégage à l'état gazeux aussitôt que l'électrolyse le sépare; il est donc certain que l'électrode n'absorbe pas d'hydrogène; en étudiant ce dégagement à la cathode d'un élément chargé mais non fermé, on constate qu'il est lié à une formation équivalente de SO^3, on en conclut qu'il doit y avoir une action locale entre SO^4H^2 et le plomb récemment réduit. La charge de l'élément semble en somme être accompagnée de deux gaz inverses. 1° Réduction du sulfate de plomb par l'hydrogène dégagé électrolytiquement, et formation de plomb et d'acide sulfurique. 2° Formation de sulfate de plomb en partant du plomb avec dégagement d'ydrogène. La charge est terminée lorsqu'on arrive à un état d'équilibre. — M. **Félix Schiff**: Sur l'orthodibromobenzol et ses dérivés. — M. **Krauss** : Contribution à l'étude de la papavéroline. — M. **Fauchs** : Action des hydrosulfites alcalins sur les phénols et les oxy-acides. — MM. **D. Mauthner** et **W. Suida** préparent une quantité notable de glycocolle (28 °/₀ du rendement théorique) par l'action de l'ammoniaque aqueuse en excès sur l'acide chloracétique, à condition d'éviter toute élévation de température. — M. **Brauner** a imaginé plusieurs méthodes volumétriques très ingénieuses pour le dosage du tellure; elles sont fondées sur les réactions suivantes :

A : $$TeCl^4 + 2SnCl^2 = Te + 2SnCl^4$$
$$\text{ou } H^2TeO^3 + 2SnCl^2 + 4HCl = Te + 2SnCl^4 + 3H^2O.$$

On dose l'excès de chlorure d'étain par l'iode

B : $$K_2TeO^3 + 2I + H^2O = K^2TeO^4 + 2HI.$$

On dose alors l'excès d'iode pas l'acide arsénieux

C : $$4H^2TeO^3 + 2KMnO^4 + 4SO^4H^2$$
$$= K_2SO^4 + Mn^2(SO^4)^3 + 4H^2TeO^4 + 4H^2O$$

On triture avec l'acide oxalique ou le sulfate de fer et l'ammoniaque jusqu'à décoloration, et l'on revient avec le permanganate. — M. **Srpek** : Substitution dans les carbures aromatiques. — M. **G. Neumann** : Contribution à l'étude des composés de l'étain. — M. **G. Pum** : Sur la glycosamine. — MM. **Swohoda** et **Fosseck** : Études de quelques alcools diatomiques dérivés de l'aldéhyde isobutinique. — M. **G. Johanny**. Action de l'acide cyanhydrique sur la méthylethylacroléine. — M. **H. Skraup**. Transformation de l'acide malique en acide fumarique. On sait depuis longtemps que beaucoup d'acides peuvent transformer même à température peu élevée l'acide malique en acide fumarique; on a cherché s'il n'existe pas une relation entre la vitesse de transformation et la conductibilité éleetrique. En réalité il n'y a pas proportionnalité mais la conductibilité des acides paraît avoir une certaine influence. — M. M. **S. Zeisel** et **Herlzig**. Sur les transformations des phénols et des composés éthylés de la dirésorcine. Présence de la dirésorcine dans la floroglucine des synthèse. — M. **G. Firtsch**. Sur un nouveau minéral : la Rumpfite.

Emil Weyr,
Membre de l'Académie.

CHRONIQUE

LA COMPOSITION DES EAUX DE DRAINAGE

Notre éminent collaborateur, M. P. P. Dehérain, a communiqué à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 4 août dernier, des expériences d'un haut intérêt.

On sait que le savant professeur du Museum et de l'Ecole d'agriculture de Grignon s'occupe depuis plusieurs années de déterminer les changements qui se manifestent dans un sol cultivé sans engrais; des parcelles du champ d'expériences de Grignon privées d'engrais depuis 1875 ne peuvent plus nourrir ni les betteraves ni le trèfle; l'avoine et le blé donnent encore cependant des récoltes bonnes ou passables. L'analyse a montré qu'entre ces terres et les voisines maintenues en bon état de fertilité, la plus grande différence portait sur les matières organiques, et c'est pour savoir si cette diminuiton entraînait une diminution sensible dans l'aptitude à retenir l'humidité et à produire des nitrates que les nouvelles expériences de M. Dehérain ont été entreprises.

Un graphique montre très clairement que si les terres épuisées laissent écouler l'eau un peu plus vite que les terres bien fermées, et produisent un peu moins de nitrates, ón ne saurait trouver dans ces différences l'explication de la fertilité des unes et la stérilité des autres.

L'analyse des eaux de drainage montre en outre un fait curieux; ces eaux renferment au mois d'octobre une quantité de nitrates considérable. Quand la moisson est faite, que la terre découverte ne porte plus de plantes capables d'utiliser les nitrates formés, ceux-ci restent dans le sol jusqu'aux grandes pluies d'automne: à ce moment ils sont entraînés et perdus; en 1889-90 la perte à l'hectare a été en moyenne de 70 kilos d'azote nitrique, correspondant à une fumure de plus de 400 kilos de nitrate de soude, valant 88 francs.

Pour éviter cette perte, M. Dehérain propose de procéder rapidement après la moisson à un labour de déchaumage et de semer une graine qui donne en quelques semaines une plante vigoureuse : le colza ou la navette conviennent. Ces plantes enfoncées dans le sol au moment des grands labours de novembre ou de février lui donneront une copieuse fumure renfermant tout l'azote des nitrates qui aurait été perdu.

C'est là une méthode des plus ingénieuses, qui promet d'augmenter d'une façon considérable la fertilité du sol, et sur laquelle nous appelons, pour cette raison, l'attention des agronomes. L. O.

NOUVELLES

LE DISCOURS DE M. A. CORNU AU CONGRÈS DE LIMOGES

L'Association française pour l'avancement des Sciences a ouvert jeudi dernier à Limoges son Congrès de 1890 sous la présidence de M. A. Cornu. L'éminent académicien a prononcé à cette occasion un discours qui a été très applaudi.

Traitant du rôle de la Physique dans les récents progrès des sciences, il a successivement passé en revue la glorieuse série des découvertes que la Chimie, l'Astronomie, etc., doivent à l'intervention de la Physique. Celle-ci n'a cessé de leur fournir instruments et méthodes d'observation. Lavoisier, Richter, Wenzel, Dalton lui ont emprunté la balance pour établir l'indestructibilité de la matière, les lois des proportions multiples et des équivalents; Dulong et Petit, le calorimètre pour découvrir l'égalité des chaleurs atomiques; Gay-Lussac, la chambre barométrique, lorsqu'il détermina les relations numériques de la température, de la densité et de la pression des gaz, relations qui, avec Ampère et Avogadro, ont conduit à la notion du volume atomique. C'est encore à un appareil de physique devenu vulgaire, le thermomètre, que la chimie organique recourt pour fixer l'un des caractères les plus importants de ses *séries*. Des deux notions physiques de la température et de la calorie, M. Raoult a récemment tiré une méthode d'un secours inappréciable pour le chimiste, la *cryoscopie;* MM. Thomsen, Berthelot, Sarrau et Vieille, « cette nouvelle mécanique de l'affinité des atomes » qu'on appelle la *thermochimie*.

« Fruit des efforts associés d'un chimiste éminent, M. Bunsen, et d'un profond physicien, Kirchhoff », l'analyse spectrale a ouvert à la chimie de nouveaux horizons, et opéré dans le domaine de l'astronomie une révolution comparable à celle que Galilée et Newton y avaient produite en inventant la lunette et le télescope. La nouvelle méthode nous renseigne non seulement sur la constitution physique des astres les plus lointains, mais encore, comme l'ont montré Döppler et M. Fizeau, sur le sens et la vitesse de leurs mouvements. Réciproquement l'application du spectroscope à l'examen des étoiles blanches a permis à M. Huggins de résoudre l'un des problèmes les plus importants de la chimie: la détermination des raies propres à l'hydrogène pur, raies prises comme repères dans l'étude de tous les spectres.

Dans un autre ordre d'idées, l'électricité, née dans le laboratoire du physicien, envahit aujourd'hui ceux du chimiste et de l'ingénieur, qui y trouvent un puissant moyen d'analyse ou de transformation de l'énergie. On peut dire qu'elle est devenue comme une sorte de puissance sociale, un élément important de notre civilisation. Mais la science à laquelle nous devons l'électrolyse, le télégraphe, le téléphone, la lumière électrique, nous promet encore d'autres bienfaits. En l'étudiant à la suite des mathématiciens, Poisson, Fourier et Ohm, les philosophes expérimentateurs se sont élevés en ces dernières années à de très hautes conceptions. Helmoltz, Thomson, l'illustre et regretté Maxwell ont tenté de rattacher les phénomènes électriques aux lois générales de la Mécanique. Tout récemment ce pressentiment a semblé confirmé par les célèbres et retentissantes expériences de M. Hertz, d'où ce physicien conclut à l'identification des décharges électriques et des ondulations lumineuses.

C'est qu'à mesure que la Physique progresse, les distinctions artificiellement établies entre les diverses sciences s'effacent, et « les théories tendent à s'unifier de plus en plus suivant les lois de la mécanique rationnelle. »

Ce remarquable discours que nous venons de résumer et celui de M. Dehérain, dont nous avons reproduit ci-dessus la partie principale, ont été les deux gros événements du Congrès de Limoges. — Dans les séances de chacune de ses sections l'*Association française* a reçu de très intéressantes communications sur des sujets qui prochainement seront traités ici. L. O.

CHAIRES NOUVELLES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

Au Conservatoire des Arts et Métiers vont être créées deux chaires nouvelles affectées l'une à *l'Électricité industrielle*, l'autre à la *Métallurgie* et au *Travail des métaux*. Les candidats à ces chaires ont jusqu'au 1er septembre pour produire leurs titres.

Le Gérant : Octave Doin.

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.